

HISTORIE VAN DE SCHEIKUNDE IN EUROPESE MUSEA

DOOR

J. W. VAN SPRONSEN



1973

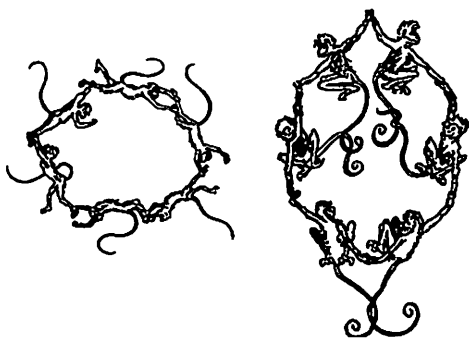
Mededeling No. 141

uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen te Leiden

HISTORIE VAN DE SCHEIKUNDE IN EUROPESE MUSEA

DOOR

J. W. VAN SPRONSEN



1973

Mededeling No. 141

uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen te Leiden

*Pluris est oculatus testis unus
quam auriti decem*

PLAUTUS (c. 250–184 v. Ch.)
truculentus 489

TEN GELEIDE

Waar is het werk gebleven van de vele generaties scheikundigen (c.q. alchemisten...), die de moderne chemie hebben helpen opbouwen in een moeizaam vechten met de materie?

Waar zijn de apparaten, de laboratoria, de producten?

Wij, die een aantal namen, theorieën of 'wetten' en zelfs nog veel geschriften kennen, kunnen ons dat wel eens afvragen als wij ons realiseren hoe vergankelijk het materiaal is vooral in scheikundige werkplaatsen.

Toestellen worden opgebouwd uit onderdelen, die veelal op zich zelf weinig typisch zijn en vaak uit aardewerk of glas zijn vervaardigd. Na het beëindigen van bepaalde werkzaamheden wordt veel materiaal ingezet voor volgende proeven. De kans is dus gering, dat een 'proefopstelling' als zodanig, of onbeschadigde onderdelen, bewaard blijven. Het is daarom opmerkelijk, dat nog belangrijke zaken ons zijn overgebleven en – mits wij goed zoeken – in diverse oude instituten of musea zijn te vinden.

Het is de zeer bijzondere verdienste van Dr. J. W. van Spronsen, een chemicus met grote historische belangstelling, reeds sinds enige jaren te speuren naar deze collecties. Van de bevindingen is een reeks artikelen verschenen in het Chemisch Weekblad. Aansluitend aan het programma van het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen te Leiden, leek het passend deze artikelen opnieuw maar nu gebundeld uit te geven, waardoor een boekje ontstaat als een soort Chemische Baedeker voor een ruime lezerskring. Wij hopen hiermee het publiek een goede dienst te hebben mogen doen.

A. J. F. GOGELIN
Rijksmuseum voor de
Geschiedenis der Natuurwetenschappen

VOORWOORD

De scheikunde wordt reeds eeuwen lang in alle landen van Europa beoefend en op verscheidene plaatsen werden door vele geleerden opmerkelijke prestaties verricht. Waar er blijvende herinneringen aan hun ontdekkingen over zijn werden deze veelal in een afdeling van een natuurwetenschappelijk of technisch museum ondergebracht om zodoende voor het nageslacht bewaard te blijven. Een enkele maal werd er zelfs een apart museum aan een uitzonderlijk geleerde gewijd.

Hierna volgen enige indrukken bij het bezoeken van deze musea. Beoogd is niet een catalogusachtige beschrijving te geven, doch slechts enkele flitsen, die de drang van de lezer naar meer weten wakker dienen te maken en tot eigen museumbezoek inspireren. Laat deze in zijn vakantie of op zijn dienstreis gerust eens een van de genoemde musea binnen gaan om de sfeer te proeven, waarin de chemici werkten en dachten, en waaruit menigmaal een belangwekkende ontdekking geboren werd. Het is geenszins de wens dat voor de gebruikelijke vakantietocht nu een chemische pelgrimstocht in de plaats gesteld wordt, doch wellicht zijn er die spijt zouden krijgen als hun achteraf bekend werd dat in de plaats waar ze met vakantie waren of eventueel op een dienst- of congresreis verbleven, een museum gevestigd was waar het een en ander dat hun interesseert, te zien was.

En deze verzameling beschrijvingen, die reeds eerder in het Chemisch Weekblad verscheen, is niet alleen voor de chemicus samengesteld doch tevens voor hem of haar, die louter belangstelling in de ontwikkeling der chemische wetenschappen heeft. Moge dit bundeltje, waarvan we een tweede deel over enige tijd hopen te laten verschijnen, bijdragen tot het beter leren begrijpen van de chemicus met zijn specifieke problemen.

J. W. VAN SPRONSEN

INHOUD

Ten geleide /	7
Voorwoord /	8
Deutsches Apotheken-Museum /	10
Kekulé-Kamer te Darmstadt /	12
Liebig-Museum te Giessen /	14
Deutsches Museum te München /	16
Maria Skłodowska-Curie Museum te Warschau /	19
Royal Institution te Londen /	21
Het Cavendish Laboratorium te Cambridge /	23
Het Science Museum te Londen /	25
Het Apotheken-Museum te Krakau /	27
Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschap te Gent /	29
Conservatoire National des Arts et Métiers /	31
Museum of the History of Science in Oxford /	33
Teylers Stichting en Museum /	35
De Ontwikkeling van de chemische balans /	39
Afbeeldingen /	41

DEUTSCHES APOTHEKEN-MUSEUM

Een van de meest opmerkelijke musea op chemisch gebied is wel het Deutsches Apotheken-Museum te Heidelberg. Historisch verantwoord gehuisvest in het prachtige gelegen Heidelbergse Slot noodt dit kleine doch rijkvoorzien museum iedere toerist, die zich de moeite van het bergbeklimmen reeds getroost heeft. Trouwens het gehele slot is een bezoek overwaard, niet in de laatste plaats omdat het meermalen een rol gespeeld heeft in onze vaderlandse geschiedenis. Charlotte de Bourbon (1546-1582) die tegen haar wil van haar dertiende jaar af in een klooster verbleef, vluchtte in februari 1572, inmiddels abdis van Jouarre geworden, naar Heidelberg, waar toen Frederik II, keurvorst van de Palts, verbleef. In dit jaar leerde zij Willem van Oranje kennen, die toen nog met Anna van Saksen gehuwd was. Na een periode van weifeling stemde Charlotte de Bourbon toe de vrouw van onze Vader des Vaderlands te worden. Het huwelijk, welks wettigheid door verschillenden betwist werd o.a. op grond van de kloostergeloften van Charlotte de Bourbon en de gebrekkige vorm van scheiding met Anna van Saksen, vond plaats op 12 juni 1575.

De bindingen van het huis van Oranje met de eveneens Calvinistische keurvorsten van de Palts zijn stevig geweest. De oudste dochter uit het genoemde huwelijk, Louise Juliana, huwde in 1593 met Frederik IV. De zoon uit dit huwelijk, Frederik V, was de onfortuinlijke winterkoning. Deze keurvorst van de Palts werd in 1619 koning van Bohemen, doch na slechts korte tijd geregeerd te hebben werd hij op 8 november 1620 op de Witte Berg bij Praag verslagen. Hij zocht toen toevlucht bij zijn neef Maurits in Den Haag.

Dat het Heidelbergse Slot er in de vele oorlogen niet zonder kleerscheuren is afgekomen, kunt U heden nog duidelijk zien.

Laten we evenwel niet te lang bij het Slot en zijn oude bewoners stilstaan. We kunnen terugkeren naar de chemische aspecten via de derde zoon van de Winterkoning, Paltsgraaf Ruprecht in wiens leven ook de alchemie een rol speelde. Hij maakte een goudlegering, het zgn. Prinsmetaal.

Het tentoongestelde blijkt dermate spectaculair dat het museum vele mensen trekt, ook hen die geen enkele binding met de studie der natuurwetenschappen hebben. Het museum werd in 1937 gesticht en in 1938 te München geopend, waar het in 1944 ten dele verwoest werd. Nadat het overgebleven materiaal eerst in Bamberg bewaard werd, kon in oktober 1957 het Deutsches Apotheken-Museum zijn poorten in het Slot te Heidelberg, een van de mooiste Renaissance bouwwerken van Duitsland, openen. In een tiental vertrekken in de naar zijn bouwmeester genoemde Ottheinrichbau (1556-1559) is het apotheek- en geneesmiddelenwezen in vroeger tijden uitgebeeld. Een van deze vertrekken de zgn. Apothekerturm was vroeger ingericht als slotapothek vnl. in tijden van gevaar. Deze stond ook de bevolking van de stad ten dienste o.a. in de 30-jarige oorlog. Voor chemici is dit tevens de meest interessante afdeling, daar in de grote ronde kelder een alchemistisch laboratorium (fig. 1) is ingericht. Hier treft men apparaten aan die in vroeger eeuwen door de scheikundigen gebruikt werden, zoals allerlei soorten kolven en destilleerapparaten (alembics), sublimeerapparaten,

ovens, kroezen van aarde, porselein en grafiet, weegschalen, filters, branders en nog veel andere hulpapparatuur.

In een van de vertrekken (no. 7) is in zeven vitrines de ontwikkeling van de Duitse farmacie uitgebeeld, door middel van handschriften, oorkonden, boeken en portretten van stichters van farmaceutisch-chemische bedrijven. Een levendiger beeld krijgt U bij het bezichtigen van de verscheidene vertrekken met historische apotheken, die deels afkomstig zijn van kloosters en sloten. Dit zijn o.a. de prachtig beschilderde apotheek-kast uit het voormalige Karmelietenklooster te Schongau (± 1730), een geheel authentiek ingerichte kloosterapotheek uit Zuid-Duitsland (1730), de bisschoppelijke Hofapotheek met een rococo tafel uit Bamberg (fig. 2), de Kroonapotheek uit Ulm (1812) (fig. 3) en een huisapotheek uit Brixen (± 1740) met o.a. flesjes van tin.

Verder is er een afdeling waar U een uitgebreide geneesmiddelenverzameling kunt bewonderen en een gewelfkamer waarin materiaal o.a. verpulveringsapparatuur zoals vijzels bewaard worden (fig. 4). Voor liefhebbers van glaswerk valt er ook veel te zien. Vroeger werd er nu eenmaal meer werk gemaakt van de gebruiksvoorwerpen dan nu. Het zijn dikwijls ware kunstprodukten.

Laten we deze opsomming beëindigen. U moet zelf eens gaan kijken. Bijgaande afbeeldingen geven U een goede indruk van wat U geboden wordt. Mocht U diepgaander gedocumenteerd willen worden: een bibliotheek en fotoarchief zijn beide aanwezig. Een deel o.a. enige oude farmacopieën is uitgestald in het museum.

A propos, U weet toch dat Heidelberg chemisch gezien een van de interessante Duitse steden is. Kekulé, Bunsen, Curtius, Kopp, Leopold Gmelin en Victor Meyer leefden en werkten er. U vindt de volgende gedenkstenen:

Kekulé, Hauptstrasse 4, woonde, leerde en onderzocht er van 1856–1858.

Spectralanalyse, Hauptstrasse 52.

Bunsen, Plöck 55, woonde er van 1855–1888.

Victor Meyer en Theodor Curtius woonden resp. van 1889–1897 en 1898–1926, ook Plöck 55.

Hermann Kopp, Plöck 79, woonde er van 1867–1892.

Leopold Gmelin, bouwde het huis Plöck 54 in 1847 en stierf er in 1855.

Een standbeeld van Bunsen staat in de tuin aan de Hauptstrasse 47 (fig. 5).

Op het Waldfriedhof treft U de graven aan van alle genoemde chemici. Behalve Kekulé, die in Poppelsdorff bij Bonn begraven is.

Het museum is dagelijks – dus ook zondags – van 10–17 uur geopend.

Een geïllustreerde gids en losse foto's zijn verkrijgbaar.

KEKULÉ-KAMER TE DARMSTADT

Kekulé is o.m. bekend om zijn theorie van de benzeenring en zijn Lehrbuch der organischen Chemie, beide uit 1866. De plaats, waar Kekulé nog heden ten dage herdacht wordt, zijn geboortestad, Darmstadt, ligt op korte afstand van Heidelberg, waar zich het in het vorige opstel geschetste Deutsches Apotheken-Museum bevindt. Voor een vakantiereis niet ver uit de buurt zijn beide bezienswaardigheden, met het hierna beschreven Liebig-Museum te Giessen, specifiek chemische trekpleisters.

Op 25 juni 1927 werd na een voordracht van Kekulé's biograaf Richard Anschütz, getiteld "August Kekulé, seine Beziehung zu Darmstadt und sein Werken" de Kekulé-kamer geopend. Deze museumkamer werd ondergebracht in het Elektrochemisch Instituut van de Technische Hogeschool te Darmstadt. Geëxposeerd werden talrijke foto's (fig. 6), manuscripten, een marmeren buste van Kekulé op 58-jarige leeftijd, gebeeldhouwd door Küppers en een bronzen copie van het standbeeld dat Hans Everding maakte en dat nu voor het Chemie Instituut te Bonn staat (fig. 7). Dit laatste was een geschenk van Kekulé's voormalige assistent te Bonn, Prof. Dr. August Rernthsen. Veel komt uit het bezit van zijn zoon, de jurist Dr. Stephan Kekulé von Stradonitz. Ook een dodenmasker wordt bewaard.

Bijzonder interessant en waardevol is het album met 80 kabinetfoto's van Kekulé's vrienden en leerlingen, ieder voorzien van een handtekening (fig. 8). Dit prachtige album was een geschenk van de directie van de B.S.A.F. aangeboden ter gelegenheid van Kekulé's 60ste verjaardag. Verder trekken de aandacht een zorgvuldig uitgewerkt collegedictaat getiteld "Experimental-Chemie, vorgetragen von Prof. Dr. von Liebig in 1848", de briefwisseling met vrienden en vakgenoten (onder andere 200 brieven van Kekulé, 8 van Liebig; verder van Bunsen, Gerhardt, Wulz, Stas, Erlenmeyer en Volhard) en collegedictaten opgenomen van colleges van Kekulé. De wanden zijn er versierd met tekeningen van Kekulé zelf. Zijn aanleg voor de tekenkunst blijkt hier duidelijk uit en een blik op deze kunstprodukten kan de overweging tot gevolg hebben wat er van de organische chemie geworden zou zijn als Kekulé zijn studie van de architectuur bij Prof. Ritgen in Giessen niet terwille van de chemie afgebroken had. Uiteraard zijn ook de vele diploma's en eerbewijzen o.a. de oorkonde van de adelverklaring, uitgesteld. Kekulé's mineralenverzameling heeft er ook een plaats gekregen. Zijn vlinderverzameling bevindt zich in de Zoölogische Verzameling aan de Universiteit van Bonn.

De ingerichte Kekulé-kamer, zoals die hierboven werd geschetst, moest in de tweede wereldoorlog om veiligheidsredenen verdwijnen. Men is er door plaatsgebrek nog niet in geslaagd opnieuw een geschikt vertrek op de oorspronkelijke wijze in te richten. Dit neemt echter niet weg dat alle opgesomde souvenirs zorgvuldig worden bewaard, met nog niet genoemde eigendommen van Kekulé, zoals zijn bureau met toebehoren, en op verzoek te bezichtigen zijn.

De kamer waar een en ander opgeslagen is, bevindt zich nu in het Instituut voor Organische Chemie. Men richtte het verzoek dan aan Frau Dr. von Eicken, Kustodin

am Institut für organische Chemie der Technischen Hochschule, Schlossgartenstrasse 2, 61 Darmstadt.

Helaas is het indertijd als museum ingerichte geboortehuis van Justus von Liebig in dezelfde stad tijdens de oorlog vernield en onlangs is ook de gedenksteen die deze plaats aanwees, weggenomen. Op deze plaats werd de Volkshogeschool gebouwd, die weliswaar de naam Justus Liebig-Haus kreeg, doch geen herinnering aan de grote organicus bevat, behalve misschien de bovengenoemde gedenksteen met de inbeiteling "In dem Haus das einst an dieser Stelle stand wurde Justus von Liebig geboren 12-5-1803", in de kelder.

LITERATUUR:

R. ANSCHÜTZ, August Kekulé. Berlin, 1929, deel I, pag. 653-656.

R. WINDERLICH en G. BUGGE, Das Buch der grossen Chemiker Weinheim, 1929, (herdr. 1961). deel II, pag. 200-216.

E. BERL, J. Chem. Education 5, 1869-1881 (1929).

LIEBIG-MUSEUM TE GIESSEN

Achtentwintig jaren, zijn vruchtbaarste, van 1824–1852, heeft Liebig als hoogleraar in de chemie aan de Landes Universiteit te Giessen doorgebracht. Deze befaamde geleerde is het geweest die het laboratorium voor studentenonderricht tot gemeen goed maakte. In zijn laboratorium zijn velen tot groot chemicus opgeleid. Bijgaande stamboom van leerlingen en kleinleerlingen (fig. 9, een copie van het origineel, dat zich in het Deutsches Museum te München bevindt) getuigt hier onomstreden van. Het is dan ook een goede gedachte geweest dit laboratorium, waarin zulke voorname onderzoeken zijn verricht voor het nageslacht te bewaren.

Op initiatief van Geheimrat Prof. Dr. med. em. phil., Robert Sommer uit Giessen en Medizinalrat Dr. E. A. Merck uit Liebig's geboortestad Darmstadt werd het laboratorium als museum ingericht en op 26 maart 1920 als zodanig geopend.

Eind 1944 verwoestte echter een bom een deel van het museum, het z.g. "oude laboratorium" (A op plattegrond – fig. 10). Doch in de zomer van 1952 kon het museum na vele werkzaamheden vooral van Dr. Fritz Merck, de tegenwoordige erevoorzitter van het "Gesellschaft Liebig Museum", wederom worden geopend. Het oudste deel van het laboratorium (plattegrond: vertrekken A t/m D) werd in de jaren 1819–1821 gebouwd om te dienen als wachthuis bij de aangrenzende kazerne. Toen er onlusten in Worms uitbraken tussen studenten en militairen, werden de soldaten naar deze stad overgeplaatst en kwam de kazerne ter beschikking van de universiteit (opgericht 1607). Direct na zijn intrede te Giessen mocht Liebig het wachthuis als chemisch laboratorium inrichten. Twaalf jaar later, dus in 1836, kreeg Liebig een eigen kamer (F) en een privé laboratorium (E). In 1839 werden nog enkele lokaliteiten bijgebouwd, zodat de huidige vorm van het complex ontstond. Deze lokaliteiten werden ingericht als farmaceutisch laboratorium (G), bibliotheek (H), analytisch laboratorium (J) en collegezaal (K).

Laat ons nu een wandeling door het museum maken. Na het bestijgen van enkele treden lopen we onder de bogen de galerij binnen (fig. 11 en 12). De deur aan de linkerzijde geeft toegang tot het oude laboratorium (A), dat is ingericht met een oude haard en laboratoriummateriaal. In deze zaal hangt de "wetenschappelijke stamboom" van Liebig (fig. 9; tot 1957 telde deze 43 Nobelprijswinnaars). Verder worden hier op een wandkaart de titels van een deel van de belangrijkste publikaties van Liebig getoond. Hier, evenals in de andere vertrekken, zijn geschriften van en over Liebig te vinden.

Kamer B was het verblijf van de bediende, waarin nu beelden uit het leven Liebig in de verschillende plaatsen waar hij vertoefde – naast zijn geboortestad Giessen, Bonn, Erlangen en München – tentoongesteld zijn.

Het chemicaliën-magazijn (C) toont balansen uit Liebig's tijd. Aan de wanden hangen foto's van tijdgenoten en leerlingen. In het preparatenlokaal (D) komen we in aanraking met Liebig's prestaties op het gebied der landbouwchemie.

Van dit lokaal naar Liebig's privé-laboratorium (E) lopend, komen we langs de deur die toegang verschaft tot de voormalige woning van Liebig, die op de eerste etage ligt.

Tot voor kort werden de vertrekken bewoond door een vrouwelijke conciërge, die een voortreffelijke gids bleek te zijn. Ze wist de kleinste finesses over Liebig en zijn werkzaamheden te vertellen, zo stringent zelfs alsof ze hem zelf had gekend. Bijzonder interessant zijn dit privé-laboratorium en Liebig's directeurskamer (F), waarin vele persoonlijke herinneringen aan de chemicus: zijn bureau, werktafel, balans enz. Opmerkelijk zijn de luiken in de wanden waardoor Liebig zonder zijn werkkamer te verlaten, het werk van zijn studenten kon gadeslaan. De luiken zijn onopvallend in de wanden aangebracht. De foto van zijn zitkamer (fig. 13) toont U er een van, min of meer gecamoufleerd door een fotografie. Het farmaceutische laboratorium (G) diende uiteraard voor de opleiding van apothekers. De bibliotheek (H) bevat talrijke werken van Liebig en biografieën over hem. Verder de stamboom van de familie Liebig en een tabel van Liebig's nageslacht. Het in 1839 gebouwde analytische laboratorium (J) bood uiteindelijk plaats voor een groot aantal studenten (fig. 14). Dit is de practicumzaal, waarvan fig. 15 een beeld geeft: het is een pentekening van Wilhelm Trautschod uit 1842. Veel blijkt er niet te zijn veranderd. Nu nog kan men een indruk krijgen van de werkwijze in dit 19e eeuwse laboratorium. De apparatuur voor de koolstofwaterstofbepaling en de Liebig-koeler in zijn oorspronkelijke vorm vallen hierbij het meest op.

Het collegezaaltje (K) is weer in z'n oude toestand gebracht. Het moest plaats bieden aan 107 studenten (fig. 16). Veel comfort blijkt niet nodig geweest te zijn om tot geleerde op te groeien.

Een rondgang door dit Liebig-Museum zal de bezoeker stellig met eerbied vervullen voor zijn grote voorgangers. Het museum is gevestigd in de Liebigstrasse 12, op slechts 3 minuten gaans van het station van Giessen. De directeur van het Museum is Prof. Dr. Fritz Kröhnke.

Officiële openingstijden: dinsdag, woensdag, vrijdag en zaterdag van 10-12 en 14-16 uur en zondags van 11-13 uur.

DEUTSCHES MUSEUM TE MÜNCHEN

Als we met een raad mogen beginnen: Ga, althans als U de eerste maal een bezoek brengt aan het Deutsches Museum (zo prachtig gelegen op een eiland in de Donau-zijrivier, de Isar; fig. 17) niet binnen zonder een gids te hebben geraadpleegd. Niet omdat U zo'n grote kans maakt dermate te verdwalen dat U voor sluitingstijd de uitgang niet meer weet te vinden, maar omdat U ongetwijfeld zo wordt geboeid door hetgeen U ziet, dat U wellicht geen tijd heeft om kennis te nemen van hetgeen waarvoor U in het bijzonder gekomen bent. Aannemende dat Uw belangstelling in de eerste plaats naar de chemie uitgaat, willen we U in deze regelen een voorproefje trachten te geven van hetgeen U op dit gebied wordt geboden.

Een gehele vleugel van de eerste etage is gewijd aan de scheikunde. Hierbij valt het accent niet alleen op de historische ontwikkeling doch evenzo op de hedendaagse wetenschap. Evenals bij andere afdelingen is men er ook hier bij de inrichting van uitgegaan dat het experiment het beste inzicht geeft in de natuurwetenschappen. De uitbeelding van het experiment geldt als de specialiteit van het Deutsches Museum. Laten we een rondwandeling maken. Uw aandacht wordt allereerst getrokken door een 18e-eeuwse, barok-apotheek (fig. 18), die bijzonder fraai is ingericht en dan ook fungeert als unieke blikvanger. De eerste zaal is gewijd aan de kunst-, kleur- en (met een druk op de knop te ervaren) reukstoffen. Dit is ook de zaal waar het door Wöhler in 1828 gesynthetiseerde ureum en het in 1845 afgescheiden aluminium, als een soort relikwie in de muur gemetseld, wordt bewaard (fig. 19). In een aansluitend zaaltje, met aan de wand een overzicht van de op de aarde de meest voorkomende elementen, kan men een aantal experimenten zelf verrichten. Dit zijn het elektrolyseren van water, het in werking stellen van een chroomzuurelement, het demonstreren van geleidende en niet-geleidende vloeistoffen, de elektrolyse van een CuSO_4 -oplossing, het verbranden van waterstof en de oxidatie van koper door luchtzuurstof en de reductie van het oxide bij een hogere temperatuur. In de volgende zaal is bijzonder veel te zien, ook zaken van historisch belang. Een wandkast is gewijd aan isotopen. Duidelijk wordt gemaakt dat de atoomgewichten van gewoon Pb (207,21), uraanlood uit pekblende (206,76) en uraanlood uit Morogoroerts (206,05) een verschillende waarde hebben. In de vitrine wordt ook het zware water bewaard dat Harteck in 1934 afscheidde en aangetoond dat de dampdruk ervan geringer is dan die van gewoon water. Verder de isotopenscheiding in heliumgas en broomdamp op de wijze van Clausius en Dirckel (1938) door middel van een buis met verhitte draad en koude wand. Op een tafel bevindt zich de apparatuur (fig. 20) waarmee Hahn en zijn medewerkers in 1938 de eerste kernsplijting teweegbrachten: $\text{U} + \text{n} \rightarrow \text{Ba} + \text{Kr} + 3\text{n}$. De werking van deze, voor onze ogen zo primitieve apparatuur wordt door een grammofoonstem verklaard. Verder wordt bewaard het relatief omvangrijke apparaat waarmee Honigschmid de atoomgewichten van de radioactieve elementen bepaalde. Spectaculair is het aantonen van het onderscheid in sterkte van het radioactieve materiaal op de wijzers van een horloge, het uraanmetaal en pekblende. Op een ander vlak liggen de proefjes om Fe^{3+} -ionen met CNS^- -ionen aan te tonen

en het element koolstof in suiker met H_2SO_4 . In dezelfde zaal is ook een aantal atoommodellen opgehangen en zijn de energietoestanden van het waterstofatoom uitgebeeld. Deze zaal vraagt naar we menen wel de meeste aandacht. U ziet er ook nog het Laue-diagram van een aluminium-éénkristal, de Wilsoncamera, de werking van UV-stralen ter onderscheiding van valse en echte bankbiljetten en ter ontcijfering van geheimschrift en alsmede de katalytische oxidatie. De zaal is speciaal voor deze lichteffecten verduisterd. Zo kan ook een chemoluminiscensie-reactie zichtbaar worden gemaakt, evenals de spectra van 11 elementen der lanthanidenreeks en de spectroscopische analyse van elementen als natrium, lithium, calcium en barium.

In de overige zalen zijn laboratoria ingericht. U treft er een modern chemisch laboratorium, een laboratorium uit de tijd van Liebig (ca. 1830), een laboratorium uit de tijd van Lavoisier (ca. 1790) (fig. 21) en een gereconstrueerd alchemistisch laboratorium (fig. 22) aan. Dit laatste is een gewelfkamer, waarin retorten de overhand hebben. Overbodig te zeggen dat de chemiewerkplaatsen een gedegen overzicht geven van het instrumentarium dat de scheikundigen in de loop der eeuwen ter beschikking stond. Ook is er nog een werkhoek van een alchemist rond 1600 gereconstrueerd (fig. 23).

Nauw verwant aan de chemie-afdeling is die der kernfysica. Ook hiervan willen we U een voorproefje geven. Deze zaal, die eveneens op de eerste verdieping ligt, biedt in de eerste plaats een overzicht van de ontdekking der radioactiviteit en het aantonen der radioactieve stralen o.a. met ionisatiekamers. Verder zijn aanwezig het kathodestraalapparaat van Lenard, de verstrooiingsapparatuur van α -stralen van Geiger, Marsden en Rutherford en de spitsteller en buisteller van Geiger. Ook andere originele apparatuur waarmee Hahn en Lise Meitner werkten. Van de moderne apparaten noemen we de gekoelde diffusienevelkamer van Klumb, die U zelf kunt bedienen.

U ziet dan een zeer duidelijk β -straling van 90 Sr. Deze kamer steekt wel zeer af tegen de oude nevelkamers van resp. Wulf (1925), Hubkolden (1928) en Schürhalz. Tenslotte wijzen wij U nog op de uitgebreide afdeling chemische techniek op de 2de etage. Een wandeling door dit zalen-complex geeft U een prachtig overzicht van de hedendaagse stand der toegepaste chemie. Proeffabrieken en processen op kleine schaal zijn ten dele door de bezoeker zelf in werking te stellen.

Een bezoek aan de onderafdelingen vroeg-chemische kunsten (o.a. een getrouwe copie van de grot van Altamira met haar fantastische beschilderingen) en de afdeling glastechnologie moet U dan trachten niet over te slaan. Het is een lust voor de ogen onder andere allerhande modificaties van glassculptuur gewaar te worden.

Geregeld worden voordrachten gehouden, films vertoond en rondleidingen georganiseerd. Het museum heeft daartoe een grote staf wetenschappelijk personeel. Op gezette tijden verschijnen uitgaven in de reeks "Abhandlungen und Berichte", die in 1929 aanving.

Het Museum is iedere dag, ook zondags, geopend van 9-17 uur, uitgezonderd Nieuwjaar, Goede Vrijdag, Paaszondag, 1 mei, Pinksterzondag, Sacramentsdag, de 2de maandag in juni, 17 juni, 1 november, 24 en 25 december.

LITERATUUR:

Deutsches Museum, Wegweiser durch die Sammlungen, 1966 (ook in het Frans en Engels).

W. PANOFKY, Deutsches Museum Katalog, 1963.

J. ZENNECK, Fünfzig Jahre Deutsches Museum, 1953.

R. POEVERLEIN, Der Wiederaufbau des Deutschen Museums, 1953.

E. ROTH, E. M. CORDIER, Unser Deutsches Museum, 1953.

Chronik des Deutschen Museums, 1903-1925.

Van de "Abhandlungen und Berichte" noemen we:

SCHMAHL, Carl Auer van Welsbach, 1952.

PIETSCH, Johannes Rudolph Glauber- der Mensch, sein Werk und seine Zeit, 1956.

KULENKAMPFF, Umwandlung von Elementen, 1949.

HAHN, Die Nutzbarmachung der Energie der Atomkernen, 1950.

HARTUNG, Wasser im Atomzeitalter, 1957.

BALKE, Die Nutzung der Kernenergie in geschichtlicher Darstellung, 1960.

MARIA SKŁODOWSKA-CURIE MUSEUM TE WARSCHAU

Het lijkt een goede gelegenheid onze beschouwingen over enige musea in landen uit Midden- en Oost-Europa te beginnen met het Maria Skłodowska-Curie Museum te Warschau. Deze Pools-Franse geleerde werd ruim 100 jaar geleden geboren (7 november 1867). Dit feit werd herdacht in haar geboorteland Polen zowel als in Frankrijk het land waar zij wetenschappelijk zo buitengewoon actief was.

Het aan Marie Curie gewijde museum bevond zich in haar geboortehuis aan de Freta nr. 16 in de oude stad van Warschau (fig. 24). In 1960 werd het verplaatst naar het z.g. Kultuur Paleis, waar het een deel ging uitmaken van het daar gevestigde Technisch Museum (fig. 25). De entree van het ter nagedachtenis van Marie Curie ingerichte museumgedeelte wordt gemarkeerd door een borstbeeld van Marie Curie dat als een waardige blikvanger fungeert.

Deze afdeling kan niet groot zijn, daar ook Parijs¹ – met recht uiteraard – aanspraak maakt op de door Marie Curie en haar man gebruikte apparatuur en de correspondentie van het echtpaar. Zo is het te verklaren dat in Warschau een wat onevenredig deel voor foto's en fotocopies ingeruimd werd. U ziet foto's van Marie Curie o.a. in gezelschap van haar dochter, samen met Einstein en een genomen in Zwitserland een jaar voor haar dood in 1934. Dan nog een foto van Marie Curie bezig met haar werk (fig. 26). Ook ziet men de Nobelmedaille en een fotocopy van de oorkonde. Verder een fotocopy van de genoteerde resultaten van een spectroscopisch onderzoek van radioactieve gassen.

Interessanter is een authentiek papier met notities van Pierre Curie over kristallografische onderzoeken. Ook het handschrift van Marie Curie is te zien o.a. in een brief van haar aan haar zuster Dr. Bronislava Duskie, die in 1921 de eerste biografie schreef. Van Marie Curie's bezittingen worden bewaard haar bril, een pennemes, een glazen inktstel, een zilveren beker, die zij van haar vader kreeg ter gelegenheid van een verjaardag, evenals een door haar vader geschonken kop en schotel. Een aparte vermelding zijn haar gedichten waard, die ze schreef over haar studentenleven. Van de authentieke instrumenten zijn aanwezig een primaire ionisatiekamer (fig. 27), een verbeterde ionisatiekamer, een elektrometer van Pierre Curie, een elektroscop van hem (fig. 28) en een kwarts piezo-elektrometer van Marie Curie (fig. 29).

Verder wordt een potloodtekening van Marie Curie bewaard. Eenzelfde borstbeeld als zich in haar woonhuis bevindt versiert de museumzaal. In een zijhal van het Technisch Museum treft U een levensgroot beeld van Marie Curie aan, die met recht als een van Polen's groten beschouwd wordt.

Onlangs werd in Jáchimov (Jaochimsthal), de plaats in Bohemen, waar het vele

1. In een vitrine in de Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, rue Vauquelin 10, Paris V, bevindt zich enige apparatuur die Marie en Pierre Curie gebruikten bij hun ontdekking van het radium. Hier is ook het laboratorium nog te vinden waar het echtpaar heeft gewerkt. In het Institut du Radium, rue Pierre Curie, is ook enige apparatuur tentoongesteld waarmee Marie Curie heeft gewerkt.

uraanpekerts vandaan kwam dat Marie Curie verwerkte, een beeld van het echtpaar Curie onthuld.

Het museum Maria Skłodowska-Curie, onderdeel van het Museum Techniki,² is gevestigd in het Palac Kultury i Nauki. Dit grote paleis, omgeven door wijde pleinen, is ingesloten door de straten Al Jeozolimskie, Marzaskowska, Swietokzyska en Emilie de Plater. Aan de derde straat is de ingang van het Museum gelegen.

Het museum is het gehele jaar geopend, behalve in de maand augustus. Mocht U toch juist deze maand in Warschau zijn, dan is wellicht mogelijk dat men voor U een uitzondering maakt. Van het Curie Museum bestaat helaas geen catalogus, wel van het Technisch Museum, dat zeker ook een bezoek waard is.

2. Het is evenwel goed mogelijk dat het museum heden weer blijvend naar het geboortehuis van Marie Curie is overgebracht, dus naar de Freta nr. 16.

ROYAL INSTITUTION TE LONDEN

Toen Michael Faraday (1791–1866) als 14-jarige jongen als boekbindersleerling in Londen de voordrachten die Humphry Davy had gehouden voor de Royal Institution inbond kon hij niet dromen dat hij zelf nog eens de scepter zou zwaaien in dit luisterrijke instituut. Toch groeide dit eerste contact van Faraday met de natuurwetenschappen, de chemie in het bijzonder, uit tot een leertijd in het laboratorium van Davy in de Royal Institution en later tot de opvolging van deze beroemde elektrochemicus. Faraday volgde de voetsporen van zijn leermeester. Was Davy op elektrochemisch gebied in de eerste plaats praktisch georiënteerd – hij scheidde elektrolytisch de elementen kalium en natrium (1807), calcium, strontium, barium en magnesium (1808) af – Faraday vond twee wetmatigheden, de naar hem genoemde elektrolysewetten (1833). De Royal Institution of Great Britain heeft in de Engelse natuurwetenschappen altijd een bijzondere plaats ingenomen. Niet alleen als werkplaats van een aantal grote geleerden en als huisvesting van een omvangrijke bibliotheek, doch vooral als instituut dat de wetenschap ver naar buiten uitdroeg. Daartoe hebben de openbare voordrachten (geïllustreerd met vele experimenten) van zijn bewoners – sinds 1799 Rumford, Davy, Faraday, Tyndall, Dewar, vader en zoon Bragg – zeer veel bijgedragen. Trouwens nog heden worden dergelijke voordrachten gehouden, zelfs op bredere basis. Ieder jaar biedt de Royal Institution in de winter een uitgebreid lezingenprogramma aan, waaraan vooraanstaande geleerden hun medewerking verlenen. Niettegenstaande het feit dat de Royal Institution geen museum in de uitgebreide zin van het woord is, zijn er toch vele “reliquiën” tentoongesteld en is een bezoek eraan uiterst interessant, temeer daar het laboratorium waarin Faraday zijn beroemde onderzoekingen deed nog in de oude staat bewaard is gebleven.

Als U een rondleiding door de vele vertrekken van de Royal Institution aanvangt, valt allereerst de marmeren buste van Faraday in het portaal op. In het trappenhuis bevindt zich nog een monumentaal marmeren standbeeld van hem (fig. 30). Hier ziet men tevens een schilderij van Davy en een marmeren reliëf, gewijd aan Dewar. Doch voordat U de trap opgaat van het in 1896 bij de oude behuizing getrokken Davy-Faraday Laboratorium, laat men U wellicht de trots van het huis zien: de in de brandkast bewaarde door Faraday opgetekende en door hemzelf ingebonden voordrachten van Davy.

Op de eerste etage bevindt zich behalve een voorname bibliotheek en leeszaal het amfitheater waar de voordrachten worden gehouden (fig. 31). Eerst onlangs is de oude collegezaal gemoderniseerd. De vorm is echter behouden. Achter dit amfitheater bevinden zich in het rond vitrines gewijd aan de respectievelijke geleerden, die in de Royal Institution hun wetenschappelijk werk verricht hebben (fig. 32). In de vitrine gewijd aan vader en zoon Bragg (William Lawrence Bragg was tot 1966 directeur van de R.I.) zijn naast enige kristalmodellen, een röntgenbuis en een röntgengoniometer te zien (fig. 33). De andere vitrines bevatten apparatuur van Rumford, Young, Davy (vele modellen van de mijnlamp), Crookes en Tyndall.

Op de gang die het amfitheater met de bibliotheek verbindt ziet men nog een groot

schilderij waarop een voordracht afgebeeld is van Dewar, waarin hij vloeibaar waterstof demonstreert (1904), verder de grote balans gemaakt door Fidler waarin zowel Young als Davy mee werkten, een originele Windhurst elektriseermachine (1886) en de originele tubus waarin Raleigh in 1894 argon afscheidde.

Het meest interessante deel van de Royal Institution is ongetwijfeld het oude, niet meer gebruikte laboratorium. Dit is een ideale museumruimte geworden, daar de entourage weinig is veranderd en dus het milieu waarin Faraday heeft gewerkt duidelijk weergeeft (fig. 34). Van hem is hier nog te zien de grote elektromagneet (1852) (fig. 35), een aantal torsiebalansen en een serie batterijen. Een vacuümpomp is van oudere datum (circa 1800). Verder zijn bewaard enige attributen die betrekking hebben op de ontdekking en bereiding van benzeen door Faraday (1825). Tegen de wand staat een aantal kasten met vele hulpmiddelen die Faraday bij zijn onderzoekingen hebben gediend, onder andere het nodige glaswerk, kroezen, enzovoort (fig. 36). De Royal Institution wordt momenteel beheerd door Prof. George Porter, die er zelf aan een fotochemisch onderzoek werkt. De museumafdeling door Prof. Ronald King. Hij zal U gaarne de gewenste inlichtingen verstrekken en voor een rondleiding zorgdragen. Van de "kerstvoordrachten"-reeks is een brochure samengesteld, die U op aanvraag zeker zal worden toegezonden.

Van de vele literatuur noemen we de onlangs verschenen prachtige biografie van Michael Faraday, door *L. Pearce Williams*, Londen 1965, 531 pag. met vele afbeeldingen en de in pas uitgegeven correspondentie (*The selected correspondence of Michael Faraday*, 2 dln., Cambridge, 1971) en het boekje *Michael Faraday and the Royal Institution* door Prof. King.

Het adres van de Royal Institution is Albemarlestreet 21. Openingstijden: dinsdag en donderdag van 1-4 uur. In de zomer waarschijnlijk dagelijks.

HET CAVENDISH LABORATORIUM TE CAMBRIDGE

Het Cavendish Laboratorium, het natuurkundig laboratorium der Universiteit van Cambridge, dat een nagenoeg honderdjarige geschiedenis achter de rug heeft, herbergt nu nog steeds een niet gering aantal belangrijke fysici.

Het laboratorium werd op 18 juli 1874 geopend door de schenker en naamgever William Cavendish, de zevende Duke of Devonshire, die toen chancellor van de universiteit was.

Daar slechts een kleine ruimte van het laboratorium zelf nog herinnert aan oude tijden, is een gedeelte van het laboratorium speciaal als museum ingericht. De oude laboratoria lagen, gelijkvloers links van de poort en de zogenaamde Austin-vleugel van het neogotische gebouw. In deze laboratoriumzalen werkten Maxwell, Lord Rayleigh, J. J. Thomson, Lord Rutherford, C. T. R. Wilson, Aston, Sir Lawrence Bragg en Chadwick.

Uit dit lijstje met personen, van wie de meesten Nobel-prijswinnaar werden, blijkt ontegenzeggelijk welke invloed het Cavendish Laboratorium heeft gehad op de atoomfysica, het grensgebied der natuur- en scheikunde. Het valt dan ook volkomen te rechtvaardigen dat een museum waar de apparaten waarmee de fysici hun ontdekkingen hebben verricht en waar ook andere zaken als aandenken worden bewaard, onze aandacht opeist.

Het Museum

Dit museum is in 1946 ingericht op de tweede etage van het huidige laboratorium en in vier secties verdeeld. De eerste afdeling is gewijd aan Maxwell, de tweede o.a. aan diens opvolger in 1879, de hoogleraar in de natuurkunde Lord Rayleigh.

Onder zijn leiding maakte de instrumentmaker Searle een groot aantal instrumenten waarvan we in het bijzonder noemen het apparaat voor de bepaling van het mechanische warmte-equivalent. In deze afdeling treffen we ook apparaten aan van Joseph John Thomson (fig. 37), die op zijn beurt, in 1884, op 28-jarige leeftijd Rayleigh opvolgde. Zijn onderzoekingen betroffen elektrische ontladingen in gassen. Reeds spoedig werd hij de populaire onderzoeker "J.J." in het Cavendish Laboratory.¹

Van Thomson wordt in de eerste plaats bewaard de kathodestraalbuis waarmee hij de verhouding van lading en massa van de kathodestraal bepaalde. Deze onderzoekingen leidde tot zijn ontdekking van het elektron. Verder treffe men aan een elektrodenloze ontladingsbuis, een apparaat voor positieve stralen en een oude Röntgenbuis, die in 1896 werd vervaardigd (fig. 38). Deze buis werd door Thomson's assistent, Everett, gemaakt, zodra het nieuws van de ontdekking der X-stralen door Röntgen Engeland bereikte. Het glas is nagenoeg geheel zwart geworden door de

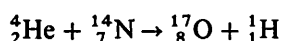
1. SIR GEORGE PAGET THOMSON, J. J. Thomson and the Cavendish Laboratory, London-Edinburgh, 1964.

lange belichtingstijden (ongeveer 30 minuten). Dit is tevens het apparaat waarmee het mogelijk werd in Engeland de eerste Röntgenfoto's te maken.

In 1911 begon C. T. R. Wilson met de constructie van een instrument de "cloud chamber" die later werd verbreid onder de naam Wilson-camera of Wilson-kamer al naar gelang men er wel of geen foto's mee kon maken. In deze expansiekamer werd het mogelijk de radioactieve stralen te "zien". Met het apparaat uit 1912, dat in fig. 39 is afgebeeld, maakte Wilson al zijn fotografische opnamen. Lord Rutherford deed in Cambridge zijn van fundamenteel belang gebleken ontdekking der kunstmatige radioactiviteit.

In de derde afdeling vinden we de bombarderingskamer waarin Rutherford het gedrag der alpha-stralen ten opzichte van waterstof- en stikstofkernen onderzocht.

Wat hij in 1919 waarnam kon niet anders verklaard worden dan als een reactie tussen een heliumkern en een stikstofkern waar een zuurstof(isotoop)-kern en een waterstofkern uit resulteerden:



Naast dit instrument is tentoongesteld het apparaat dat Rutherford en Geiger in 1908 gebruikten om de lading van de alpha-deeltjes te bepalen. Verder zien we de buizen om het volume van de vrijkomende emanatie (radon) uit een eenheid radium te bepalen en het condensatiepunt van deze emanatie bij verschillende drukken te meten. Rutherford's meest "favoriete" apparaat was de spectraalbuis waarmee hij aantoonde dat alpha-deeltjes en heliumkernen identiek waren. Ook dit toestel is aanwezig, evenals de buis om de aanwas van emanatie uit een radiumbromide-oplossing te bepalen en de ontladingsbuis om het spectrum van dit gas te verkrijgen. De vierde afdeling is gewijd aan Aston. Er zijn fragmenten van het apparaat waarmee hij de isotopen van neon scheidde (fig. 40). Zijn werk werd in 1914 door de oorlog onderbroken. Het originele model van de massaspectroscop uit 1919 bevindt zich in het Science Museum te Londen.

In Cambridge is het derde exemplaar aanwezig, dat Aston in 1937 liet bouwen. Het heeft een lengte van 2 meter (fig. 41). De magneet ontbreekt evenwel.

Een ander historisch instrument is de kamer waarin Chadwick in 1932 het neutron ontdekte en zijn eigenschappen bestudeerde (fig. 42).

Ook Sir Lawrence Bragg was Cavendish-hoogleraar. Daarom zijn er enige van de door hem en zijn zoon in 1912 gemaakte Röntgen-spectrometers aanwezig en enige van de oorspronkelijke versies van de poeder-camera.

Tenslotte toont men U graag de lessenaar waaraan alle Cavendish-hoogleraren hebben gewerkt. Ook ontbreken de foto's niet die een beeld geven van de activiteiten van de hoogleraren en hun staf.

Het adres van het Cavendish Laboratory is Free School Lane, een smalle straat in het centrum van Cambridge. Het is het beste als men zich voor het bezoek even in verbinding stelt met Dr. A. D. I. Nicol, secretaris van het laboratorium. Hij zal dan gaarne een rondleiding voor U arrangeren.

HET SCIENCE MUSEUM TE LONDEN

Eerst bij de beschrijving van dit museum doet de beperking die wij ons gesteld hebben, zich eerst goed voelen. Het zou onmogelijk zijn binnen het kader van de beschikbare ruimte het gehele Science Museum de revue te laten passeren.

Wat betreft de afdeling chemie en atoomfysica willen we echter proberen zo volledig mogelijk te zijn. Het museum heeft daar recht op. We beschouwen het als het best voorziene natuurwetenschappelijke technische museum van Europa.

Wellicht overtreft het Museum van het Smithsonian Institute te Washington het Londense museum in museumoppervlak en hoeveelheid tentoongestelde zaken, zeker niet wat betreft de originaliteit van de door vele geleerden gebruikte instrumenten. Ook het Deutsche Museum te München doet dit niet, hoewel het daar in tegenstelling tot in het Londense Museum, mogelijk is zelf apparaten in werking te stellen, evenals in het Parijse Palais de la Decouverte. Het Science Museum is ruim honderd jaar oud. Om precies te zijn, het werd geopend op 24 juni 1857 en had toen de naam gekregen "South Kensington Museum" naar de Londense wijk waar het gesitueerd is.

De afdeling waar de chemisch geïnteresseerde bezoeker het meest van zijn gading vindt, ligt op de tweede etage. Om een indruk te geven van het chemische onderzoek is er een aantal laboratoria nagebouwd. Het oudste is een Alexandrijs laboratorium, weergegeven in een diarama. Een ertsonderzoekingslaboratorium uit 1547 is nageemaakt naar Lazarus Ercker en Georg Agricola. Het laboratorium van Cronstadt, de ontdekker van nikkel, dateert uit 1757 en is eveneens in diaramavorm weergegeven. Een kamer uit het Government Chemist's Laboratory, compleet met apparatuur (onder andere een Karl Fischer elektrometer), geeft de situatie in 1895 aan. Als voorbeeld van een modern laboratorium is een controlelaboratorium met automatische apparatuur ingericht. Wellicht voor de chemicus niet het meest interessant, doch voor een leek van grote informatieve waarde.

Onze speciale aandacht had de originele apparatuur van de grote Engelse chemici. Hiervan zijn enkele kostbare exemplaren aanwezig. Van Ramsay is er apparatuur waarmee hij de dichtheid van de door hem ontdekte edele gassen bepaalde (1898) en het apparaat waarmee hij in 1894 argon isoleerde. Cavendish is vertegenwoordigd met zijn apparaat om water te maken door vonken door waterstof en zuurstof te slaan. Van Priestley vinden de bezoekers het apparaat waarmee hij voor het eerst zuurstofgas afzonderde.

Bijzonder fraai is het zogenaamde chemische cabinet, het draagbare laboratorium van Faraday dat hij op reis meenam (fig. 43).

Uit 1899 dateert de omvangrijke apparatuur waarmee Hampson vloeibare lucht maakte (fig. 44). Crookes droeg in 1888 bij tot het aanschouwelijk maken van het periodiek systeem der elementen. Hij construeerde daartoe een krakelingvormig driedimensionaal systeem. Het origineel is aanwezig (fig. 45). Tevens heeft men op een tafel het periodiek systeem uitgebeeld met monsters van de meeste elementen. Aan de wand is een systeem bevestigd dat elektrisch te bedienen is.

Van originele geschriften zijn aanwezig notitieboekjes van Dalton en Wollaston, Dalton's atoomgewichtslijst (fig. 46) en Wollaston's zogenaamde equivalentengewichten rekenlineaal (fig. 47).

Verder is originele apparatuur van Graham (apparaat voor dialyseproeven), Hilger (kwarts spectrograaf voor UV, 1908), Hilger en Watts Ltd. (grote automatische spectrograaf) en Aston (massaspectrograaf) (fig. 48) aanwezig. De elektronen-diffractiecamera die tot 1949 aan de universiteit van Oxford gebruikt werd, heeft ook een plaatsje gekregen tezamen met een Weissenburgcamera, de eerste opstelling voor röntgenonderzoek (fig. 49), Bragg's röntgenionisatiespectrometer (1913; fig. 50) en apparatuur ten behoeve van de instrumentale chemische analyse: massaspectrograaf, refractometer, spectrometers en chromatografische apparatuur. Van de klassieke apparatuur zijn verder aanwezig: dampdichtheidsbepalingsapparaten van Meyer, Dumas en Gay-Lussac, analyseapparatuur van Berzelius en Liebig, kolven en Bunsen thermostaat, buretten, balansen, aerometers en verwarmingsapparatuur en een reconstructie van het apparaat waarmee Lavoisier zuurstof uit lucht isoleerde. Op dezelfde etage bevindt zich een uitgebreide afdeling gewijd aan de industriële chemie en eveneens een tentoonstelling "chemie in dienst van de mens" en een over de voedingschemie.

Op de derde etage vindt U de afdeling atoomfysica, die tijdens ons bezoek nog niet geheel compleet was. De meest spectaculaire instrumenten zijn het cyclotron van Lawrence uit 1930 (0,5 m² oppervlak en 5 cm dik; fig. 51), de Wilson camera (1912, fig. 52) en de "bubble" kamer met vloeibare waterstof (1952).

Als U in Londen komt moet U beslist een halve dag voor het Science Museum uittrekken, om dit alles met eigen ogen te aanschouwen.

Het adres is Exhibition Road, South Kensington. De openingstijden: werkdagen 10-18 uur; zondags 14.30-18.00 uur; gesloten Goede Vrijdag en 1e Kerstdag. Toegang gratis.

Voor degenen die zich vooraf willen oriënteren, is er een aantal geschriften over het museum en in het bijzonder over de chemie, terwijl van verscheidene apparaten kleurenfoto's verkrijgbaar zijn.

LITERATUUR:

The Science Museum, the first hundred years, London, 1957.

Pure Chemistry, A brief outline on its history and development, part I.

Historical review by A. BARCLAY, London, 1936.

Chemistry 1, Chemical laboratories and apparatus to 1850, by FRANK GREENAWAY, London, 1966.

Chemistry 2, Chemical laboratories and apparatus from 1850, by FRANK GREENAWAY, London, 1966.

Chemistry 3, Atoms, elements and molecules, by FRANK GREENAWAY, London 1968.

Chemistry 4, Making Chemicals, by S. E. JANSON, London 1968.

HET APOTHEKEN-MUSEUM TE KRAKAU

Het bedrijf van de oude apotheker en dat van de scheikundige of, zoals U wilt, de alchemist ontlopen elkaar niet veel. Zo kan het gebeuren dat de apothekenmusea zaken herbergen die eigenlijk tot het puur scheikundige instrumentarium behoren. Dit valt bijzonder op in het Heidelbergse Deutsches Apotheken-Museum waar zelfs een grote alchemistenkelder is ingericht.

Ook het Apotheken-Museum van Krakau, dat weliswaar een niet zo uitgebreide verzameling herbergt, mag zeker als toonaangevend worden beschouwd.

In dit museum treffen we een grote hoeveelheid chemische curiosa aan, naast een complete vroeg-19de eeuwse apotheek en veel gebruiksvoorwerpen uit verschillende andere apotheken.

Het museum is na de tweede wereldoorlog tot stand gekomen ten behoeve van de opleiding in de geschiedenis der farmacie aan de Medische Universiteit van de stad. Het bezit telt ruim 15000 voorwerpen, waarvan slechts een deel in de 10 ter beschikking staande kamers uitgesteld kon worden. De rest wordt bewaard in het magazijn en bij toerbeurt tentoongesteld. Men hoopt echter binnen afzienbare tijd over een nieuw onderkomen te kunnen beschikken (het is momenteel in een flat ingericht), waarin alles aan het publiek getoond wordt. Tot het museum behoort ook het farmaceutisch archief en een bibliotheek die meer dan 5000 banden telt.

Het materiaal komt grotendeels uit Poolse apotheken en van Poolse apothekers maar ook zijn er voorwerpen afkomstig uit Hongarije, Engeland en ons land.

Rondgang door het museum.

Als we het museum doorwandelen zien we eerst een apotheek in empirestijl, daterend uit 1809 (fig. 53).

Deze is afkomstig uit Lesko en bezit originele fresco's uit Sanok.

Een kelder van een oude apotheek met onder andere karakteristieke wijnvaten neemt ook een gehele kamer in beslag. De meeste voorwerpen zijn uit de 17e eeuw (fig. 54). De volgende kamer toont de evolutie van de laboratoriumapparatuur uit de tijd der alchemisten tot nu toe (fig. 55). Een andere kamer is gewijd aan Ignacy Lukasiewicz (1822-1882), apotheker uit Lwow, die de bereiding van petroleum uit aardolie in 1852 herontdekte. Hij fabriceerde een jaar later de eerste petroleumlamp en verlichtte hiermee het eerst het ziekenhuis uit zijn stad. Spoedig daarna bracht hij de petroleum-industrie in Polen op gang en beïnvloedde de wereldproductie ervan.

Ook is er in het museum een kamer getiteld "De Poolse apotheker als geleerde en kunstenaar" waarin men geconfronteerd wordt met de vele kunstproducten, die de apotheker vervaardigde. Verder is er een plaats ingeruimd voor handschriften van privilege's verleend aan apothekers, voor farmacopieën, recepten en portretten.

Ook voorwerpen uit een kloosterapotheek worden in het museum van Krakau bewaard: bijvoorbeeld het gotische pottenrek, afkomstig uit de kloosterapotheek van de Benedictijnen uit Plock.

In een andere zaal worden farmaceutische potten tentoongesteld, vervaardigd van porselein, glas, melkglas, hout, messing en tin (fig. 56). Verder is er in het museum een tentoonstelling van receptuurapparatuur, waarborgtekens van Poolse apotheken, medailles, eretekens, oorkonden van Poolse en buitenlandse genootschappen en van mortieren (fig. 57) van de vijftiende eeuw af tot heden.

Tenslotte is in een zaal de geschiedenis van de geneesmiddelen uitgebeeld.

Uit deze beschrijving blijkt wel dat bij een aandachtige beschouwing een heel goed overzicht verkregen kan worden van niet alleen historie van het Poolse apotheekwezen, maar eveneens van de evolutie van de scheikundige hulpmiddelen die de apotheker ten dienste stonden.

Als besluit noemen we nog enkele voorwerpen afzonderlijk: een tweetal goed geconserveerde alembics, destillatie-apparaten uit de 16e eeuw, twee zeer grote marmoren mortiers, die voor zalfbereiding gebruikt werden, twee grafieten retorten, respectievelijk uit de 16e en 17e eeuw (fig. 58) en een reisapothek uit 1830.

Het museum is gevestigd: Ul. Basztowa 3, Kraków. De directeur is Dr. Wojcieck Roeske (van Nederlandse afkomst).

LITERATUUR:

1. Muzeum Farmacji, Kraków, waarin 30 foto's met Poolse, Russische, Engelse en Duitse tekst.
2. WOJCIECK ROESKE, A brief Outline of History of Polish Pharmacy, Warsaw, 43 pagina's.

MUSEUM VOOR DE GESCHIEDENIS VAN DE WETENSCHAP TE GENT

Reeds enige jaren heeft het Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschap in Gent een ruimere behuizing. De verzameling werd overgebracht van de zaaltjes in het Museum voor Schone Kunsten naar een eigen gebouw aan de Korte Meer 9, gelegen slechts enkele tientallen meters van het historische hoofdgebouw van de door Koning Willem I in 1816 gestichte Gentse Rijksuniversiteit. Van een Gemeente Museum werd het een Rijks- en Universiteits Museum, hetgeen niet beter symbolisch geïllustreerd kan worden dan door de verbinding van het museumgebouw met het genoemde universiteitsgebouw via de achteruitgangen. Prof. Ir. J. B. Quintijn is er de conservator van, onder wiens energieke leiding het museum in zeer korte tijd een grote bloei beleeft en een grote aantrekkingskracht blijkt uit te oefenen op velen: studenten, scholieren en verdere binnen- en buitenlandse belangstellenden.

Het conservatorschap is slechts een van de functies van Prof. Quintijn: hij is tevens hoogleraar in de bouwkunde en adviseur van veel projecten. Hij wordt in zijn werkzaamheden voor het museum in belangrijke mate ter zijde gestaan door zijn echtgenote, die eveneens een grote liefde heeft voor alles wat met de geschiedenis van de wetenschappen heeft te maken.

Het museum is beslist niet eenzijdig ingericht. Alle onderdelen van de natuurwetenschappen zijn in de in totaal twintig zalen vertegenwoordigd. Het direct en meest opvallende bij het betreden van het museum is de logische indeling van zalen. Prof. Quintijn blijkt een meester te zijn in de classificatie van de natuurwetenschappen. Dit toont overigens ook duidelijk de door hem uitgegeven Atlas Geschiedenis Wetenschap en Techniek. In het museum heeft hij deze geschiedenis chronologisch weergegeven door middel van een brede waaier met 24 draaibare grafische platen.

Bij aankomst treffen we in de gang het standbeeld aan, waar Jan Pieter Mincklers, tezamen met hertog L. E. van Arenberg, uitgebeeld is en waarvan het origineel voor kasteel Arenberg bij Leuven staat (fig. 59). Mincklers (1748–1824), hoogleraar in de filosofie te Leuven, was het die reeds in 1785 zijn collegezaal verlichtte met het door hem ontdekte lichtgas.

In de zaal “theoretische scheikunde” wordt ruim aandacht besteed aan August Kekulé, die een deel van zijn wetenschappelijke leven als hoogleraar in Gent heeft doorgebracht. Er is een door hem gebruikte stoel (fig. 60), er zijn afbeeldingen van hem en enige instrumenten. Het geschilderde portret van Kekulé dat in deze zaal aanwezig is, werd vervaardigd door Koerber en tijdens de Kekulé-herdenking in 1965 in Bonn aan de grote Kekulé-kenner Prof. Dr. J. Gilles,¹ geschonken. Op een groepsfoto staat Kekulé temidden van zijn leerlingen waarvan er later verschillende beroemd werden.

Ook is er aanwezig de balans die Kekulé in zijn Gentse periode (1858–1867) gebruikte (fig. 61), evenals die uit zijn Giessense studietijd.

Verder is er nog een verzameling preparaten die hij vervaardigde, deels tezamen met

1. De voorwerpen die toebehoorden aan Kekulé werden door hem verzameld.

Körner. Tevens werd uitgebeeld op welke wijze de door Kekulé in Gent ontdekte benzeenformule aanschouwelijk kan worden voorgesteld, onder andere door middel van zes apen die elkaars poten vasthouden en zo een zesring vormen (fig. 62). Deze visie is een van de bijdragen uit de Berichten der durstigen chemischen Gesellschaft uitgegeven in 1886 ter ere van de herdenking van deze ontdekking.

Voor de grote door Kekulé gebruikte laboratoriumtafel (fig. 63) was geen plaats: men heeft daarom slechts de kranen ervan uitgesteld. De verbrandingsoven die hij tezamen met Glaser gebruikte (ongeveer 1864) is opgesteld in een kast waarin ook glazen vaatwerk (kolven, retorten, flessen) is uitgesteld (fig. 64).

Van zuiver alchemistische apparatuur, zoals smeltkroezen en retorten, zijn eveneens enkele exemplaren aanwezig.

Aan de opvolger van Kekulé als hoogleraar in Gent, Swarts – pionier op het gebied van de organische fluorverbindingen – en aan Kekulé's Brusselse confrater Stas,² die onder andere zeer nauwkeurig atoomgewichten bepaalde, wordt in het Gentse museum aandacht besteed. Evenals aan de beroemde Solvay-congressen, die telkenjare in Brussel werden georganiseerd.

Solvay zelf, ontdekker van het naar hem genoemde proces voor de sodabereiding en stichter van de Solvay soda-industrie, wordt in de zaal "Industriële scheikunde en fotografie" naar voren gebracht.

De Belgische scheikunde zou niet volledig zijn uitgebeeld als Gevaert en Baekeland ontbraken. Ieder van hen is stichter van een belangrijke tak van de chemische industrie: de fotografische- resp. de bakelietindustrie.

Ook aan andere grote geleerden wordt aandacht geschonken: Bunsen en Kirchhoff bijvoorbeeld zijn vertegenwoordigd met enkele apparaten (fig. 65). Bijzonder interessant is de vlamfotometer voor de bepaling van de elementen K, Na, Ca en Mg in planten (fig. 66).

Hierboven werd slechts de afdeling scheikunde van het Gentse museum voor de Geschiedenis ter sprake gebracht. Ook de andere afdelingen van het museum bevatten een schat van zuiver historisch of van historisch-didactisch materiaal en een zich gestadig uitbreidende bibliotheek.

Uitgezonderd op feestdagen, is het museum geopend op maandag- en woensdagmiddag van 2 tot 5 uur en op zaterdagmorgen van 9 tot 12 uur. Maar als U er speciaal voor uit Nederland komt zal Prof. Quintijn gaarne bereid zijn een afspraak met U te maken. Toegang tot het museum en de museumgids zijn kosteloos.

Gids: Museum voor de Geschiedenis der Wetenschappen (verschijnt telkenmale met een aanvullende editie).

Sartonia; Het museum tijdschrift, waarin mededelingen en historische artikelen verschijnen.

2. Een aan Stas gewijde kamer bevindt zich in de Brusselse Universiteit.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Frankrijk, en Parijs in het bijzonder, heeft een groots wetenschappelijk verleden, zeker niet in de laatste plaats op scheikundig gebied. De moderne chemie werd er immers geboren: in het zelfde jaar waarin de revolutie haar zaad kwistig begon rond te strooien (1789) ging het wetenschappelijke licht eerst goed schijnen. Reeds vroeg was men er zich van bewust dat het wetenschappelijke erfgoed gecultiveerd diende te worden: in 1802 opende het Conservatoire National des Arts et Métiers haar poorten. Dit museum voor wetenschap en techniek (fig. 67) dat voor een gedeelte in een voormalig klooster is ingericht, bezit een chemische afdeling, die U betreedt door de trappen in de ontvangsthal af te dalen (fig. 68).

De afdeling scheikunde is eigenlijk geheel gewijd aan de Lavoisierse tijd. Lavoisier zelf (fig. 69) staat er onmiskenbaar in het centrum.

Vooraan in deze zaal treft men een ook voor de niet-chemicus zeer in het ooglopend relikwie aan: het houten cylinderbureau (Louis XVI stijl) dat Lavoisier ten dienste stond (fig. 70). Op een podium in deze ruimte is een aantal, deels omvangrijke apparaten opgesteld. In vitrines vindt men nog andere apparatuur: balansen, aerometers en microscopen. Men treffe er de apparatuur waarmee Lavoisier de fermentatie van wijn bestudeerde (fig. 71): het instrument werd in 1789 vervaardigd door Nicolas Fortin die veel van de door deze geleerde gebruikte apparaten bouwde. Ook is er het instrument voor de analyse van verbrandingsprodukten van olie (fig. 72).

Naast deze specifieke apparatuur zijn er in het museum veel basisinstrumenten te aanschouwen zoals thermometers, barometers, de grote balans die Fortin in 1788 construeerde (bereik 25 mg–10 kg) (fig. 73), kleine balansjes, een elektroscop van Baradelle en een zandloper. Een zeer persoonlijk aandenken aan Lavoisier is zijn lorgnet.

Andere apparatuur is o.a. een stel koperen aerometers die Lavoisier gebruikte voor de bepaling van het soortelijk gewicht van water bij verschillende temperaturen.

Zeer indrukwekkend is het brandglas (diameter 120 cm) dat door Lavoisier werd gebruikt om hoge temperaturen te bereiken.

Aan de wanden zijn overzichten te zien, waarop de geschiedenis van verschillende ontdekkingen aangegeven is: de synthese van water uit de elementen, de ontdekking van zuurstof, de zuurstoftheorie en de andere grote ontdekkingen uit de periode van 1765–1792.

Bijzonder in het oog vallend is een reproductie van het schilderij opgehangen, waarop Lavoisier door de befaamde schilder David vereeuwigd is. En niet alleen de grote geleerde doch ook enkele van zijn attributen o.a. de grote ballon met koperen kranen, om gassen te bestuderen (fig. 74). Het schilderij zelf hangt in het Rockefeller Instituut te New York.

Twee gazometers werden in 1787 voor Lavoisier gemaakt door Mégnie le Jeune volgens plan van Meusnier. Een kleine koperen balans, eveneens in Parijs aanwezig, werd omstreeks 1770 door Lavoisier gebruikt (fig. 75).

De dilatometer waarmee Lavoisier en Laplace in 1781 de dilatietemperatuur van

metalen bepaalden is niet meer aanwezig doch een maquette is daarvoor in de plaats gezet.

Bij zijn meteorologische waarnemingen gebruikte Lavoisier de in 1779 door Mégnié geconstrueerde barometer. Ook dit instrument is aanwezig. Verder de calorimeter, die Lavoisier en Laplace gebruikten in de jaren 1782–1784 om warmte-effecten te meten. Hiermede ontdekten ze de algemene calorimeterwet.

Dan is er nog een calorimeter waarmee in 1786 de verbrandingswarmte van waterstof bepaald werd. De ballon waarmee Lavoisier en Meusnier in 1794–1795 waterstof verbrandden is ook aanwezig alsmede een wederom door Fortin geconstrueerd apparaat (1789), waarmee Lavoisier de fermentie van rottende stoffen bestudeerde (fig. 76).

Met het signaleren van enkele handschriften van Lavoisier besluiten we deze opsomming.

Het museum is gevestigd: Rue Saint-Martin, Paris III, Metrostation Arts et Métiers. Openingstijden: dagelijks (behalve maandag) 13.30–17.30 uur, zondag 10.00–17.00 uur.

MUSEUM OF THE HISTORY OF SCIENCE IN OXFORD

Het museum heeft een lange voorgeschiedenis. Tussen de jaren 1679 en 1683 werd de Old Ashmolean Building naast de Universiteit opgericht om het Ashmolean Museum, de School of Natural History en een chemisch laboratorium te huisvesten. In 1685 was alles gereed en zo kon men de Duke of York bij de opening van het eerste officiële Britse chemische laboratorium het "Ashmolean Chemical Laboratory" horen zeggen dat het was "the most beautiful and useful in the world, furnished with all sorts of furnaces and other necessary materials". Inderdaad een belangrijk laboratorium, dat door vele geleerden benut is, maar niet het allereerste. Het Leidse Universiteitslaboratorium, tevens Nederlands eerste laboratorium dateert van 1669. De Universiteit van Oxford behoort met die van Parijs en Boulogna tot de oudste der wereld. De naam van de Franciscaner monnik Roger Bacon (ongeveer 1214-1294) is aan deze universiteit verbonden. Ook de filosoof William van Ockham (1295-1349) drukte er zijn stempel op. Wanneer we in vogelvlucht de geschiedenis doorlopen zien we achtereenvolgens namen van mannen als Locke, Mayow, Boyle en William Higgins. Aan Mayow (1635-1703), die tot 1675 in Oxford werkte, wordt door sommigen de ontdekking van zuurstof toegeschreven. Boyle verbleef in Oxford van 1654 tot 1668. Ook Elias Ashmole (astroloog en alchemist) heeft blijvend zijn naam aan het instituut verbonden.

The Old Ashmolean Building, een van de mooiste voorbeelden van 17e eeuwse architectuur te Oxford werd gebouwd door Thomas Wood. Deze werd waarschijnlijk geïnspireerd door het ontwerp voor een soortgelijk gebouw dat Sir Christopher Wren bouwde voor de Royal Society in Londen.

Het gehele complex is sinds 1933 domein van het Museum of the History of Science, dat de Lewis Evans Collectie van wetenschappelijke instrumenten omvat samen met verschillende andere verzamelingen. Op scheikundig gebied is dat onder andere apparatuur uit het laboratorium van Daubeny (fig. 77), die hier van 1822-1854 hoogleraar was.

Belangwekkend is de nagenoeg complete verzameling van microscopen en andere optische instrumenten en fotografische apparatuur (Clay Collection).

De chemicus zal bijzonder geïnteresseerd zijn in de door Moseley gebruikte vacuüm-pomp-spectrometer voor langgolelige röntgenstralen (fig. 78). Hiermee ontdekte deze in de slag bij de Dardanellen gesneuvelde jonge chemicus in 1913 aan de Oxfordse Universiteit het verband tussen de bouw van de elementen en het periodiek systeem. Hoewel Fleming reeds in 1928 het antibioticum penicilline ontdekte, werd eerst in 1940 een begin gemaakt met de bereiding ervan op grote schaal. Chain en Florey verrichtten hun onderzoekingen in het chemische laboratorium van de Universiteit van Oxford met de meest primitieve apparatuur (fig. 79), onderzoekingen die hun tezamen met Fleming in 1945 de Nobelprijs voor geneeskunde opleverden.

Aan dit museum is ook de naam van de schrijver van *Alice in Wonderland*, Charles Latwidge Dodgson verbonden. Hij was wiskundige en doceerde in Oxford. In zijn

kwaliteit als bereider van chemicalieën voor de fotografie is Dodgson in dit museum vertegenwoordigd. Hij was een befaamd kinderfotograaf.

Verder is er in het museum röntgenapparatuur die dateert van vóór 1897, kwiklampen, Crookes' radiometers, een kwikpomp (plm. 1870), een machine voor wrijvingselektriciteit (1800), een radiometer, branders, Davy- en Döbereinerlampen (fig. 80), een 18e eeuwse fractionneerapparaat, balansen, het kwikdestillatie apparaat van Lord Berkeley en een atoomgewichtskaat, en blokken voorstellende de elementen, eveneens afkomstig uit het Daubeny laboratorium (fig. 81).

Het museum bevindt zich in de Broad Street en is op werkdagen geopend van 10.30–13.00 uur en van 14.30–18.00 uur. Het is van een uitgebreide historische bibliotheek voorzien.

LITERATUUR:

ELIAS ASHMOLE, *Theatrum Chemicum Britannicum*, London, 1652. Fascimile uitgave. New York–Londen, 1967.

R. T. GUNTHER, *The Old Ashmolean, the oldest museum for the history of the natural sciences and medicine*, Oxford, 1933.

IBID., *The Old Ashmolean and its historic scientific collections, prepared as an appendix to Early Science in Oxford*, Oxford, 1939.

IBID., *Early Science in Oxford, Part I, Chemistry*, Oxford, 1921.

TEYLLERS STICHTING EN MUSEUM

Onder redactie van Prof. dr. ir. R. J. Forbes, onze, onlangs overleden, vooraanstaande natuurwetenschappelijke en technische geschiedschrijver, oud-hoogleraar van de Gemeentelijke Universiteit van Amsterdam werd een serie gepland van 6 delen om het wetenschappelijke leven te Haarlem in de 2e helft van de 18e en 1e helft van de 19e eeuw te beschrijven met Van Marum als middelpunt. Reeds vier delen,¹ die onder auspiciën staan van de eveneens te Haarlem zetelende Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, wier secretaris Prof. Forbes was, zijn verschenen. We zullen aan het slot van dit opstel deze boeken aan een korte beschrijving onderwerpen.

Wetenschapsoefening te Haarlem

Vanaf de tweede helft der 17e eeuw werden academies van wetenschappen en andere geleerde genootschappen opgericht, niet alleen landelijk dus, doch ook plaatselijk. Zo ontstonden in 1662 de Royal Society, in 1666 de Franse Académie des Sciences, in 1700 de Academie te Berlijn, in 1725 de Academie te St. Petersburg en in 1751 de Academy of Philadelphia die voorafgegaan werd door de American Philosophical Society (1747).

Ook Nederland bleef in deze niet achter. De Academie van Wetenschappen met als zetel Amsterdam werd opgericht in 1855, echter voorafgegaan door enkele toonaangevende, wetenschappelijke gezelschappen zoals het Zeeuws Genootschap der Wetenschappen te Vlissingen (1768), het Bataafse Genootschap der proefondervindelijke wijsbegeerte te Rotterdam (1769), het Provinciaal Utrechts Genootschap van Kunsten en Wetenschappen (1778), het Natuurkundig Gezelschap te Middelburg (1780), Mathesis scientiarum genetrix te Leiden (1782), Maatschappij Felix Meritis te Amsterdam (1777), de Maatschappij tot Nut van het Algemeen (1784), Diligentia te Den Haag en de Hollandsche Maatschappij Wetenschappen in 1752 te Haarlem. Een gezelschap dat zich geheel op de scheikunde toelagde was getiteld De Hollandse Scheikundigen en in 1790 opgericht te Amsterdam. De leden waren Johann Rudolph Deiman (1743–1808), Adriaan Paets van Troostwijk (1752–1837), Anthoni Lauwerenburgh (1758–1820), Nicolaas Bondt (1765–1796) en Peter Nieuwland (1764–1794). De naam van het gezelschap leeft nog voort in de betiteling “olie der Hollandse Scheikundigen” voor het door hun gesynthetiseerde ethyleenchloride.

Het is wellicht vermeldenswaard dat in die dagen in ons land eigen literatuur over de scheikunde gepubliceerd begon te worden. In Haarlem deed van Marum zijn Schets der Leere van M. Lavoisier² het licht zien, nadat hij in 1787 Verhandelingen van Teylers Tweede Genootschap begon te publiceren. Zo kunnen we ook noemen de door de Amsterdamse apotheker P. J. Kasteleyn uitgegeven Chemische en physische oefeningen, na zijn dood in 1793 voortgezet door de Utrechtse apotheker P. van Werkhoven onder de titel Nieuwe chemische en physische oefeningen. De vertaling van Lavoisier's *Traité de chimie*³ door Van Werkhoven en De Fremery dateert uit 1800.

Weer terugkerend tot Haarlem zien we aldaar het ontstaan van Teylers Stichting in 1778. In dat jaar werd dit genootschap opgericht bij testamentaire beschikking van de zeer vermogende textielfabrikant Pieter Teyler van der Hulst, naast Teylers Godgeleerd Genootschap en het zogenaamde Teylers Tweede Genootschap. De Teylers Stichting diende zich bezig te houden met natuurkunde waaronder ook vielen de wetenschappen botanie, zoölogie, mineralogie, astronomie en dank zij de eerste concervator van Teylers Museum, Marinus van Marum, enige scheikunde.

Teylers Museum⁴

Het Teylers museum is voortgekomen uit Teylers Physische en Naturaliën Kabinet en Bibliotheek. De grondlegger ervan is de in 1773 te Groningen gepromoveerde arts Martinus van Marum, die zich in 1776 te Haarlem had gevestigd. In 1777 (dus een jaar voor de dood van Teyler) werd hij benoemd tot directeur van het Naturaliën Kabinet van de Hollandse Maatschappij van Wetenschappen en lector in de wijsbegeerte en wiskunde.

Nagenoeg direct na de stichting van Teylers Tweede Genootschap werd Van Marum tot lid benoemd, in 1779. In 1784 werd hem de positie toevertrouwd van directeur zowel van Teylers Museum als van de bibliotheek. Terstond laat hij dan zijn grote elektriseermachine in het pas verbouwde gebouw (uitbreiding met de zogenaamde Ovale Zaal) plaatsen en vangt hij aan met een uitgebreide reeks proeven van internationaal niveau. Tot 1803 gaf hij openbare lessen in de natuurkunde; een traditie die tot op de dag van vandaag voortgezet wordt.

Tot zijn overlijden in 1837 beheerde van Marum het Natuurkundig Kabinet en het Mineralogisch Kabinet waaruit het Museum bestaat. Ook zijn opvolger, prof. J.G.S. van Breda, was een man van universele kennis. In 1864 nam dr. V. S. M. van de Willigen, de taak van conservator over tot 1878, toen dr. E. van der Ven benoemd werd. Van 1909–1928 had onze Nobelprijs winnaar prof. dr. H. A. Lorentz de leiding. Van 1928–1955 prof. dr. A. D. Fokker, die er onder andere zijn befaamde 31-toons orgel (naar de stemming van Huygens) liet bouwen en daarmee de bovenzaal van Teylers Museum als concertzaal introduceerde. In 1955 werd het conservatorschap opgedragen aan de kernfysicus prof. dr. J. Kistemaker, die op enthousiaste wijze het Teylers Museum in het middelpunt van de belangstelling brengt onder andere met de uitgave van een fraai geïllustreerde catalogus⁵. We zullen nu, mede aan de hand van enkele genoemde illustraties, een korte opsomming laten volgen van de scheikundige apparatuur die in het Teyler Museum tentoongesteld is. Dit is slechts een fractie van het totale aanwezige instrumentarium.

In de zogenaamde Ovale Zaal zijn de verbrandingstoestellen te zien die Van Marum bij zijn scheikundige experimenten gebruikte toen hij de verbrandingstheorie verifieerde van Lavoisier, die hij reeds in 1785 te Parijs opzocht. In kast I bevinden zich de onderdelen waaruit Van Marum's verbrandingsapparaat voor waterstof met zuurstof bestond. Hiermede toonde hij in 1791 aan dat voor de verbranding van waterstof precies een half zo groot volume zuurstof nodig was. Daar deze apparatuur o.m.

vanwege haar onverplaatsbaarheid niet duidelijk gefotografeerd kon worden laten we een afbeelding van het historisch schema ervan zien (fig. 82). De verbrandingsbol in het midden moest eerst met een handpomp geëvacueerd worden. De verbranding geschiedde door een elektrische vonk tussen twee platina elektroden. De druk en temperatuur in de beide gazometers A moest nauwkeurig geregeld worden; de druk werd op 1 at. gehouden door de waterniveaus in A en de van boven open cylinders H precies gelijk te maken. Van Marum zelf oordeelde dit verbrandingstoestel eigenlijk te gecompliceerd en ontwikkelde een eenvoudiger apparaat dat in een aparte vitrine vlak bij kast I te zien is. Van Marum maakte dit apparaat eveneens in 1791. Het is een omgekeerde verbrandingsbol met nauwe hals, die in een bakje met kwik geplaatst is; na de verbranding stijgt het kwik dan in de bol. Tevens zijn in deze vitrine opgesteld een verbrandingstoestel naar Argand, dat Lavoisier $\pm$ 1780 gebruikte om de verbranding van olie met zuurstof te onderzoeken. Er zijn toevoerleidingen voor olie en zuurstof. De afvoerleiding van de verbrandingsgassen ging naar een weeginrichting (fig. 83). Verder een oventje voor verbrandingsproeven met kool (1792) en een droogbuis voor gassen (1793).

In een andere kast (VI) bevinden zich onder meer een hygrometer naar Daniell (1820), een waterstoflamp naar Volta (1799) en een zogenaamde universele thermometer naar Prins uit Amsterdam (18e eeuw).

Enig ander merkwaardig materiaal, niet zo zeer scheikundig, is tentoongesteld in kast VI: een brandspuit van Steits, een Tantalusbeker en een fontein van Heron. Van Marum had voor zijn proeven veelal een luchtpomp nodig. Een van deze, een zuigerspomp, werd voor hem in 1793 door Watt vervaardigd (fig. 84). Fig. 85 laat het glazen toestel zien dat Van Marum op de compressiekant van de pomp aanbracht. Hierin maakte hij voor het eerst ammoniak vloeibaar. Dit experiment leidde een reeks van proeven (onder andere van Andrews, 1869) die bewezen dat alle gassen beneden een zekere temperatuur (de kritische) te condenseren waren.

Bezienswaardig is ook de kwikluchtpomp, naar Geissler. In 1874 werd dit instrument door Van Deene te Amsterdam gemaakt.

Forbes' van Marum

In de inleiding wezen we reeds op de grootse uitgave over Van Marum's leven en werken, begonnen onder leiding van prof. dr. ir. R. J. Forbes. Momenteel zijn reeds 4 delen¹ verschenen. In het eerste deel vinden we van Marum's correspondentie (althans gegevens hierover: de correspondentie zelf, evenals zijn aantekenboekjes en dagboeken werden in microfilm uitgegeven⁽⁶⁾), een bibliografie van zijn werken naast een levensschets door Alida Muntendam, een hoofdstuk over Van Marum als inwoner van Haarlem door Gerda Kurtz, de introductie van Lavoisier's leer in Nederland door T. H. Levere en de wetenschap in Van Marum's dagen door Forbes zelf.

Deel II bevat Van Marum's talrijke reisverslagen in de oorspronkelijke taal (dus Nederlands) met hun Engelse vertaling. De talrijke figuren en schetsen veraangenaamen het lezen hiervan op buitengewone wijze en bevorderen zeer een levendige indruk te

geven van Van Marum's reizigersbloed. Dat Van Marum's leergierigheid en wetenschappelijk universalisme bij zijn reizen de hoofdrol speelden behoeft geen betoog. Deel III handelt over Teyler's Genootschappen, de prijzen die de Hollandsche Maatschappij van Wetenschappen uitschreef en ook voorgenoemd Naturaliën Kabinet. In deel IV worden de vele instrumenten waarmee Van Marum werkte en deels in het museum aanwezig zijn, beschreven.

Het bestuderen van deze eerste vier delen wekt het verlangen dat de rest van deze serie binnen afzienbare tijd zal verschijnen.

Gegevens: Teylers Museum, Spaarne 16, Haarlem. **Openingstijden:** dinsdag t/m zaterdag van 1 maart–1 oktober, 10–5 uur, van 1 oktober–1 maart 10–4 uur dus zondags en maandags gesloten, behalve iedere eerste zondag van de maand, dan geopend van 1–5 uur (1 maart–1 oktober) en van 1–4 uur (1 oktober–1 maart). **Conservator** prof. dr. G. Kistemaker. **Adres:** Lab. v. Massascheiding, Victorieplein 21 II, Amsterdam-Z.

LITERATUUR:

1. MARTINUS VAN MARUM, *Life and work*, edited by R. J. Forbes, professor of the history of the physical sciences, secretary of the Dutch Society of Sciences. *Hollandse Maatschappij der Wetenschappen*, Published by H. D. Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem.
Vol. I, 1969. XI+415 blz.+36 afbn. Vol. II, 1970. 401 blz.+64 afbn. Vol. III, 1971, XIII+386 blz.+34 afbn. 16×23 cm. Prijs per deel f 52,—.
2. MARTINUS VAN MARUM, *Schets der Leere van M. Lavoisier omtrent de zuivere lucht van de dampkring en de vereeniging van derzelven grondbeginsel met verschillende zelfstandigheden*, Haarlem, 1787; Herdruk uitgegeven ter gelegenheid van de 68e algemene vergadering der Nederlandse Chemische Vereeniging te Haarlem, 1931; gedrukt door Joh. Enschede en Zonen.
3. A. L. LAVOISIER. *Grondbeginselen der scheikunde*, vertaald door N. C. de Fremery en P. van Werkhoven, Utrecht, 1800.
4. Een eerdere beschrijving door prof. Ernst Cohen is in zijn rubriek *Chemisch Historische Aanteekeningen* (onder no. XII) opgenomen in *Chemisch Weekblad* 28, 403 (1931).
5. Teylers Museum. *Beknopte inleiding tot een aantal belangrijke objecten uit het Natuurkundig Kabinet*; 30 blz. 22 echte foto's. Haarlem, z.j. Prijs f 10,—. Idem met geclicheerde foto's, Haarlem, 1969. Prijs f 2,50.
6. *Correspondentie and index. microfiche* £ 65.—. Manuscript, essays, lecture notes, diaries and index, £ 45.—. Micro Methods Limited. 17 Denbigh Street, London, S.W. 1.

DE ONTWIKKELING VAN DE CHEMISCHE BALANS

Tot slot kan het boekje van John T. Stock¹ over de ontwikkeling van de balans het best in deze serie worden besproken omdat daarin het balansen-bezit wordt behandeld van een viertal Engelse natuurwetenschappelijke musea: Science Museum en Royal Institution te Londen, Cavendish Laboratorium te Cambridge en Museum of the History of Science te Oxford.

Eigenlijk wordt het bezit van het Londense Science Museum centraal gesteld, hetgeen de mededeling op het titelblad van het boek "A Science Museum Survey" reeds doet vermoeden. Het werk is ingedeeld in een achttal hoofdstukken die onder andere het belang van het wegen en de factoren die de gevoeligheid van een balans beïnvloeden centraal stellen. Hier wordt naast het geven van voorbeelden, een uitermate gewichtige zaak betreffende de ontwikkeling van de verscheidene historische balanstypen aan de orde gesteld.

Engels museum bezit

Een van de oudste balansen is de uit 1574 door Ercker geconstrueerde balans ten behoeve van de Duitse essaieurs (fig. 86). Helaas is er van de balansen die Joseph Black bijna even consequent als zijn Franse vakgenoot Lavoisier gebruikte, geen origineel exemplaar in het Science Museum aanwezig, wel een copy. Om een authentieke balans van Black te zien moet een bezoek aan het Royal Scottish Museum te Edinburgh worden gebracht. Een andere originele balans, die waarmee Dalton werkte, wordt in het in de tweede wereldoorlog verwoeste en daarna herbouwde gebouw van de Manchester Literary and Philosophical Society bewaard. Een zakbalans, zoals ook Dalton die gebruikte is in het Science Museum te zien (fig. 87).

Een aantal foto's in het boek belicht de ophanging van de schalen van de antieke balansen. Een prachtig bewaard exemplaar van een dergelijke historische balans is het door Henry Cavendish gebruikte instrument dat in de Royal Institution wordt bewaard. In het museum of the History of Science te Oxford is een open arm balans met zogenaamde zwanennek ophanging te zien. Wie ermee gewerkt hebben is niet meer te achterhalen. Dat is het wel van de door Robinson (1792-1841) vervaardigde balans die in het Whipple Science Museum te Cambridge tentoongesteld wordt (fig. 88). Deze was nl. in het bezit van Wollaston, de ontdekker van palladium en rhodium.

De ontdekkers van de edele gassen, Ramsay en Travers wogen op de balans, die door Oertling gemaakt werd (fig. 89). Deze instrumentmaker had een internationale reputatie. Ook Mendeleev had een instrument van hem in zijn laboratorium. Onontbeerlijk voor het wegen waren de gewichten en later het ruitersysteem. Ook hieraan

1. JOHN STOCK, Ph.D., D.Sc., F.R.I.C., Professor of chemistry University of Connecticut, Storrs, Connecticut U.S.A. Development of the Chemical Balance. Her Majesty's Stationery office, London, 1969. 50 blz. + 51 afbn. Prijs £ 0,50. Formaat 18,5 × 23 cm.

besteedt de schrijver van dit boekje de nodige aandacht, waarbij hij wijst op het museumbezit van gewichtendozen, die in de loop der jaren maar weinig geëvolueerd zijn.

Moderne balansen

De behandeling van de ontwikkeling van de balans zou niet volledig zijn als een bespreking van de moderne balans ontbrak. Hiervan hebben we als voorbeelden de Sartorius balansen (fig. 90) en de Mettler microbalansen, waarvan de oudste typen al een plaatsje in de musea verdienen. De Cahn elektrobalsen en de recording balansen (onder andere thermo- en vacuüm) zijn nog volop in gebruik, hoewel een plaats in de musea toch alweer besproken kan worden. De typen worden steeds gemoderniseerd. Stock heeft een voortreffelijk boekje samengesteld, dat mede door een kwistige illustratie, plezierig leesbaar is en toch een maximum aan informatie geeft.

AFBEELDINGEN



Fig. 1. Een alchemistisch laboratorium ingericht in het Deutsches Apotheken-Museum, Heidelberg.

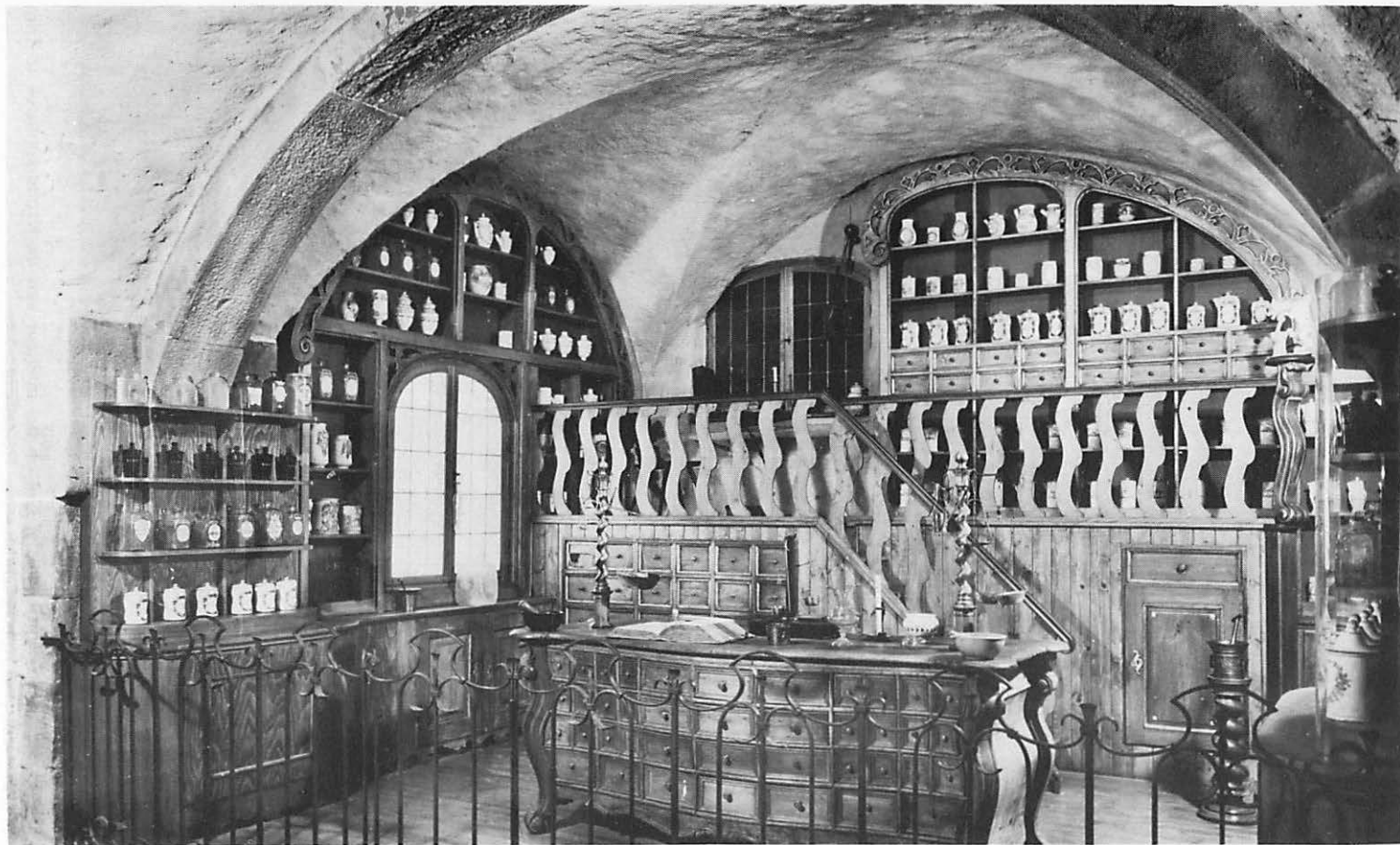




Fig. 3. Geneesmiddelenverzameling, met blik op het interieur van de Kroon-apotheek te Ulm (1812). Deutsches Apotheken-Museum, Heidelberg.

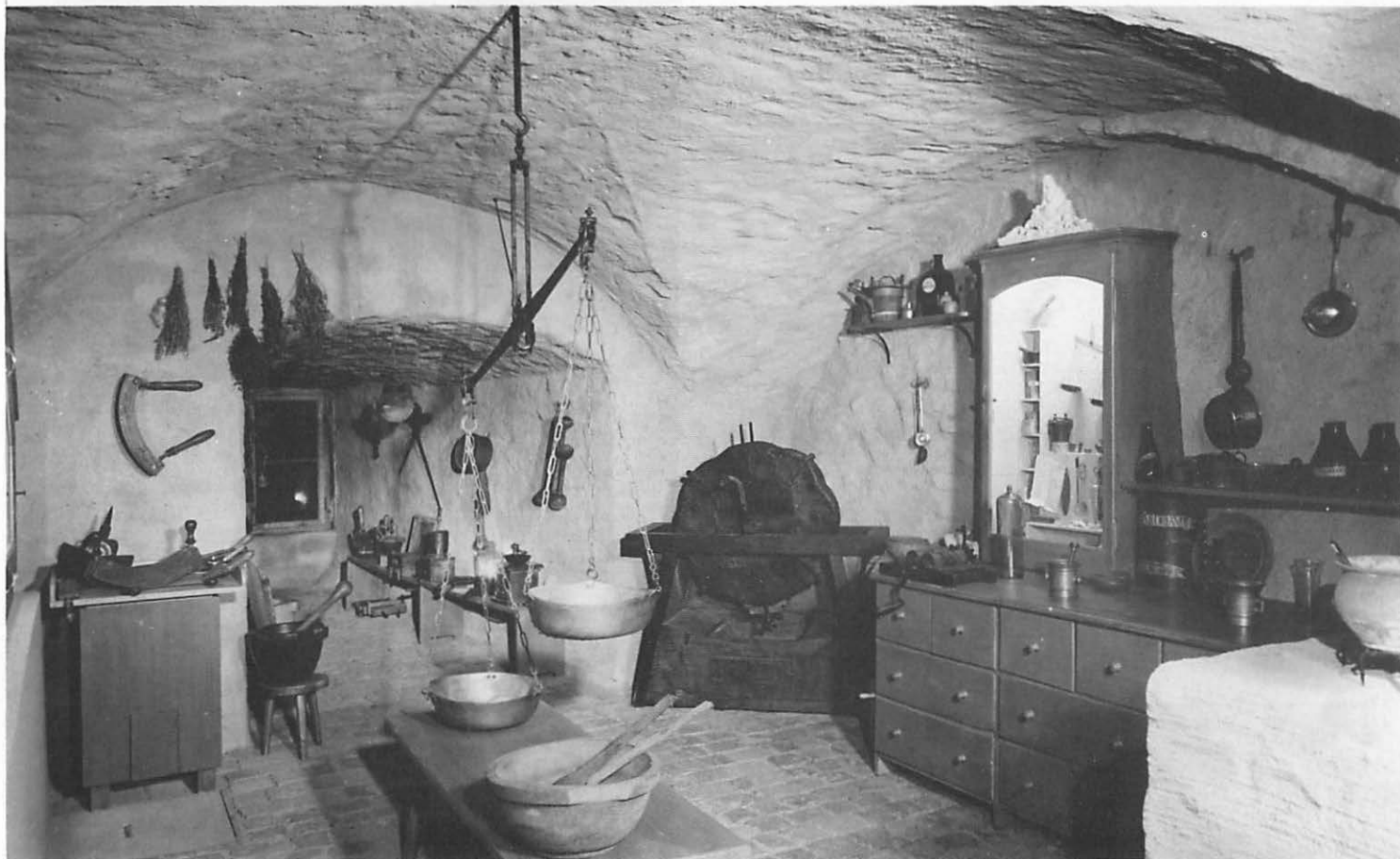




Fig. 5. Standbeeld van Bunsen te Heidelberg.



Fig. 6. Wand van de Kekulé-kamer te Darmstadt.



Fig. 7. Standbeeld van Kekulé voor het Chemisch Instituut der Universiteit te Bonn.



Fig. 8. Wand van de Kekulé-kamer te Darmstadt; de borstbeelden van Kekulé (l) en Liebig (r) en het album.

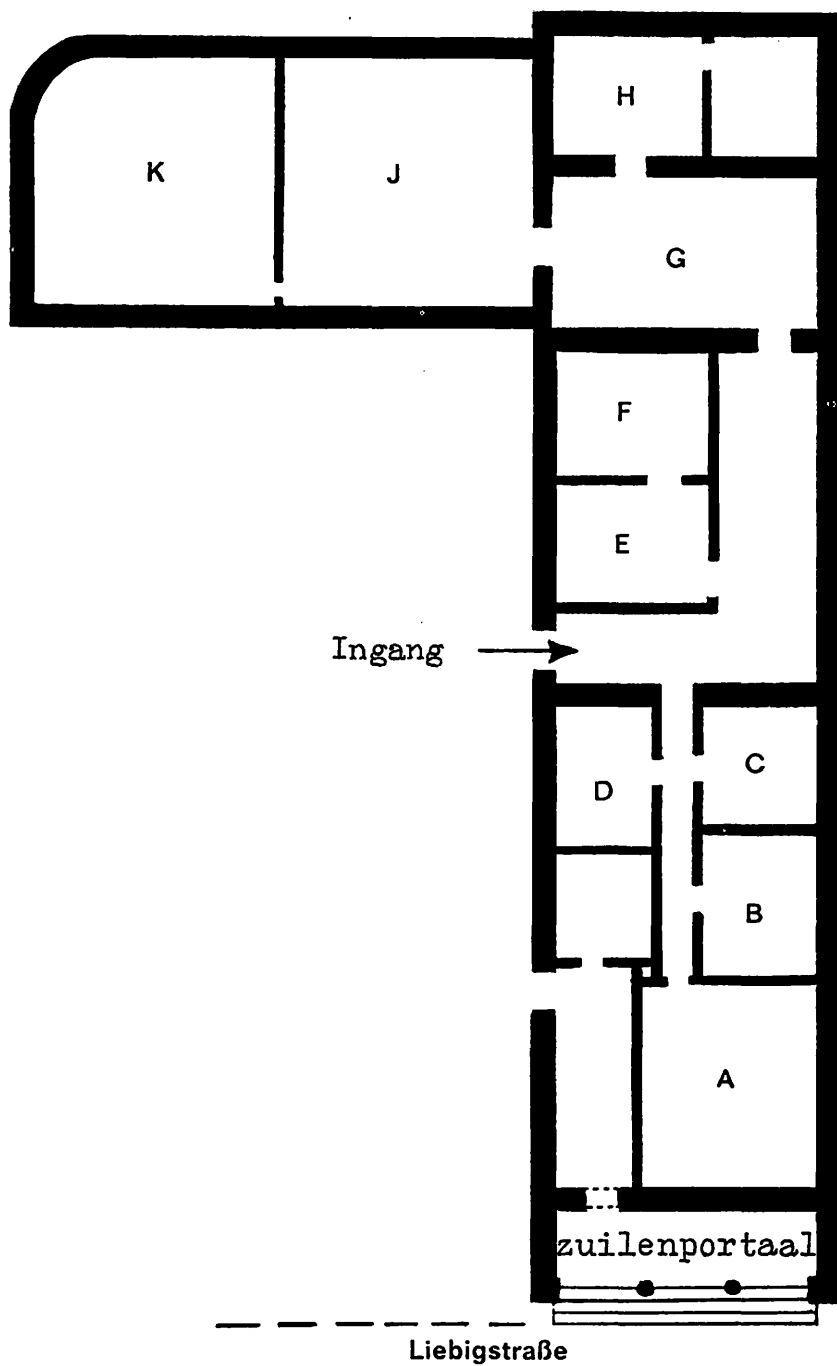


Fig. 10. Plattegrond van het Liebig-Museum te Giessen.



Fig. 11. Liebig's laboratorium te Giessen, Lithografie van Trautschold, 1841.



Fig. 12. Liebig's laboratorium als museum.



Fig. 13. Zitkamer van Liebig.



Fig. 14. Analytisch laboratorium.

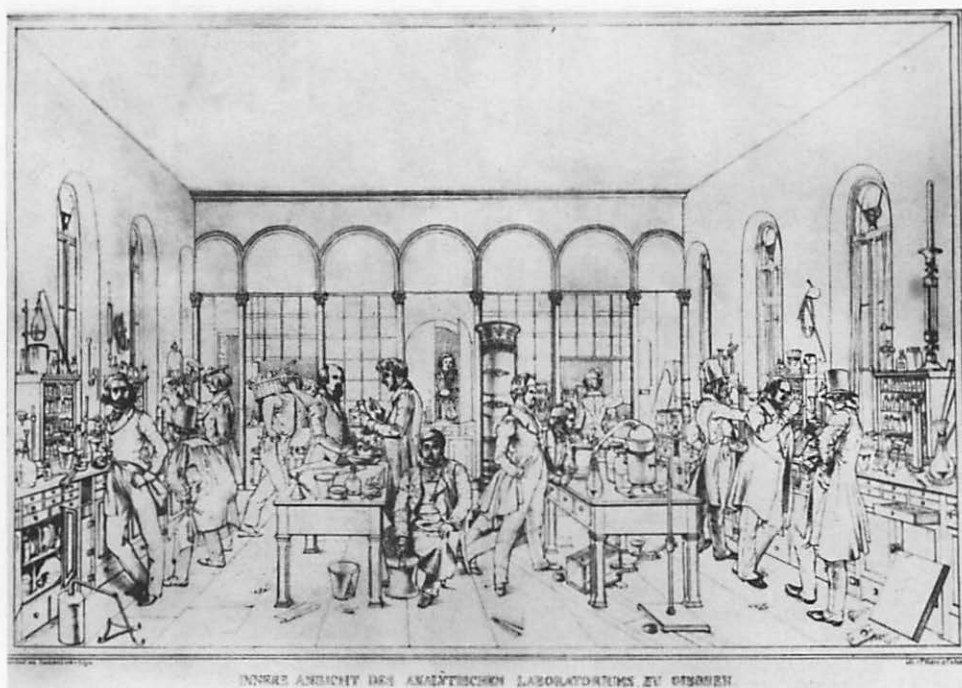


Fig. 15. Analytisch laboratorium. De practicanten zijn: man met zware baard geheel links, Ortigosa; aan linkerkant van linkse tafel staand, Keller; aan rechterkant staand, Will; zittend, Aubel; in deuropening staand Strecker; links van rechter tafel staand, Wydler; steunend op tafel Varrentrapp; werkend bij de zuurkast, Scherer; rechtsstaand zonder hoed, Böckmann, geheel rechts, A. W. Hofmann. Pentekening van Trautschold, 1842.



Fig. 16. Collegezaal.



Fig. 17. Het Deutsches Museum aan de Isar. (Foto Deutsches Museum, München).



Fig. 18. 18e eeuwse apotheek. (Foto Deutsches Museum, München).

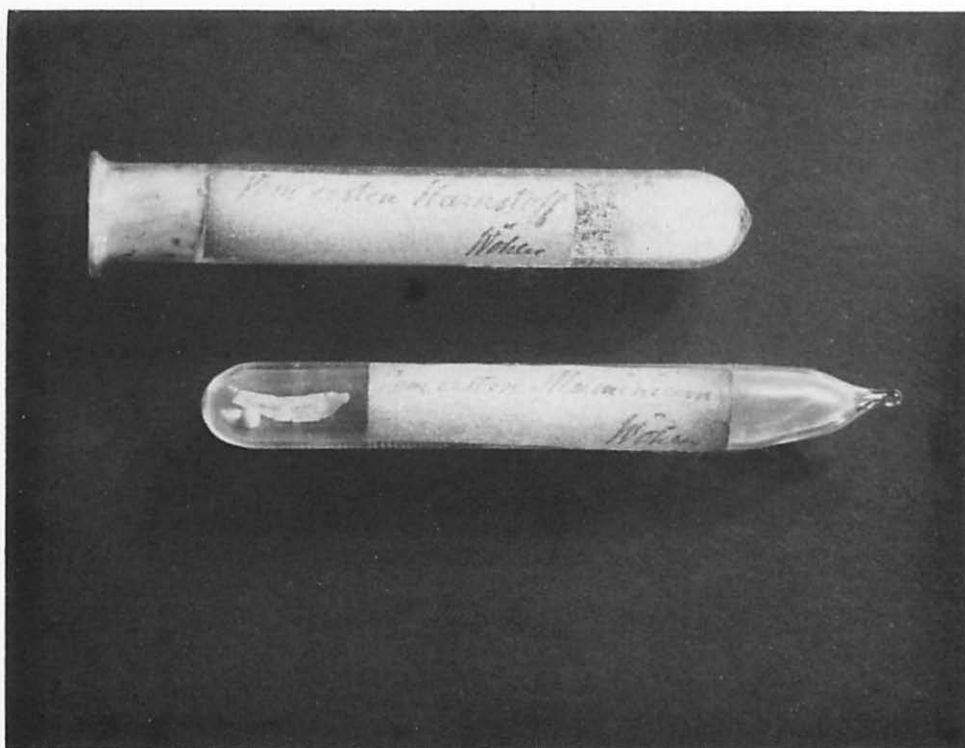


Fig. 19. Het door Wöhler in 1828 gesynthetiseerde ureum en het in 1845 afgescheiden aluminium.
(Foto Deutsches Museum, München).

OTTO HAHN

ENTDECKTE 1938 ZUSAMMEN MIT E. STRASSMANN
DIE SPALTUNG DES URANS DURCH NEUTRONEN
UND SCHUF DAMIT DIE GRUNDLAGE FÜR DIE
TECHNISCHE VERWERTUNG DER ATOMKERN-ENERGIE

ARBEITSTISCH VON OTTO HAHN



Fig. 20. Apparatuur waarmee Otto Hahn in 1938 de kernsplijting van uraan ontdekte. (Foto Deutsches Museum, München).



Fig. 21. Laboratorium uit de tijd van Lavoisier (ca. 1790). (Foto Deutsches Museum, München).



Fig. 22. Alchemistisch laboratorium. (Foto Deutsches Museum, München).

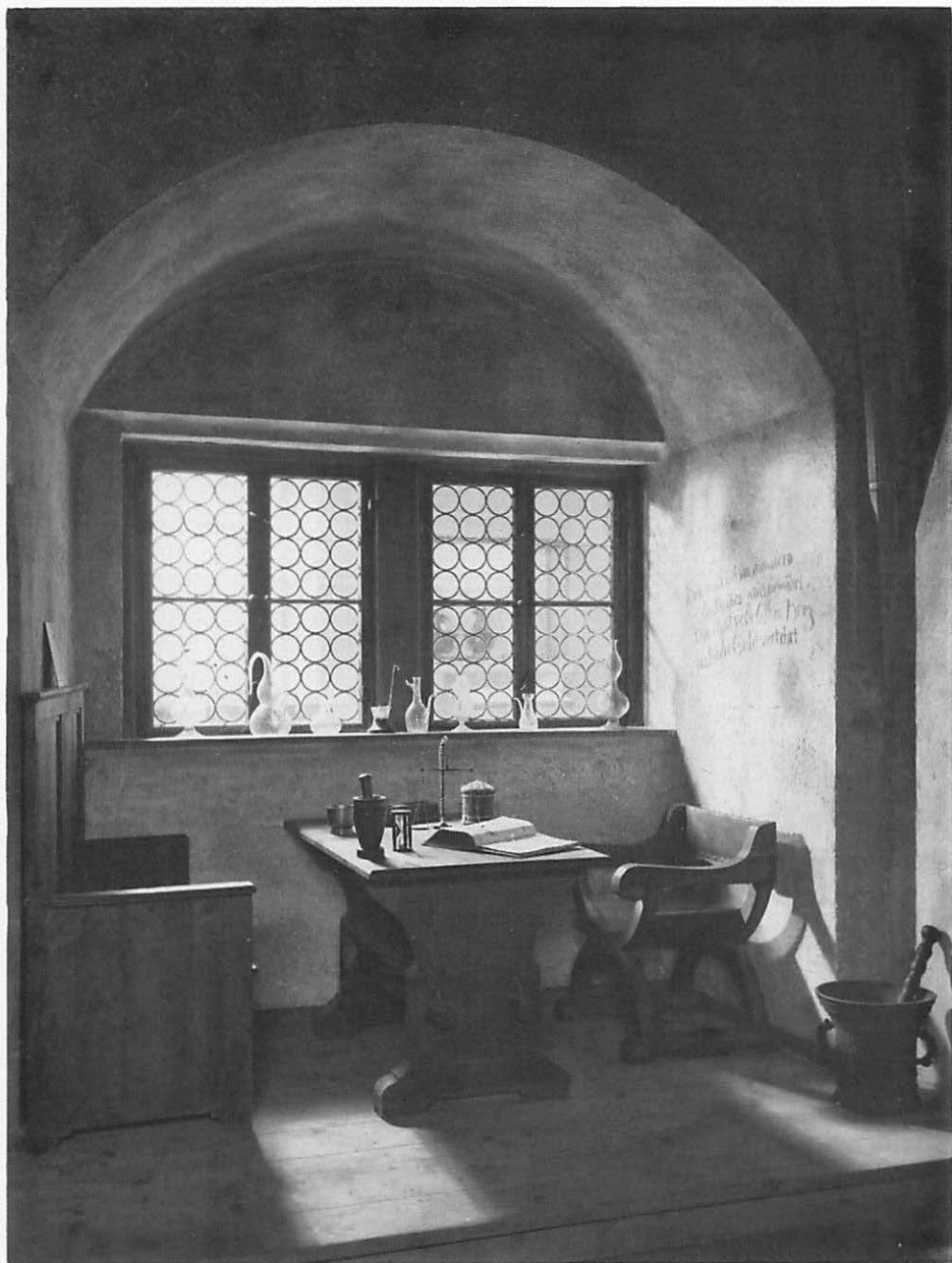


Fig. 23. Alchemisten werkhoeck, ± 1600 . (Foto Deutsches Museum, München).

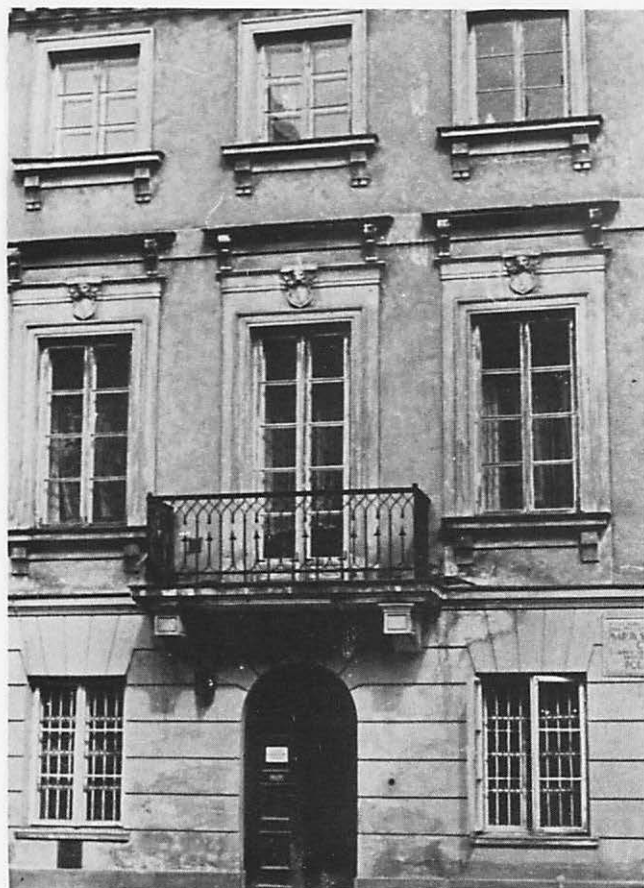


Fig. 24. Geboortehuis van Maria Skłodowska-Curie te Warschau.



Fig. 25. Technisch Museum te Warschau waarin het Maria Skłodowska-Curie Museum gevestigd is.



Fig. 26. Marie Curie in 1928, hoogleraar aan de Sorbonne en directeur van het Radium Instituut te Parijs.

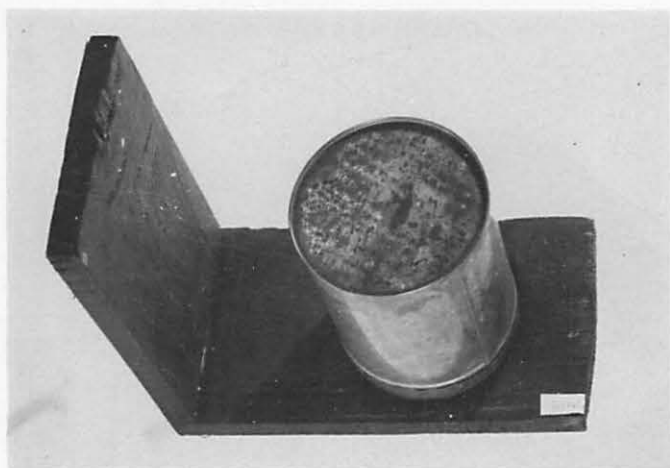


Fig. 27. Primitieve cylindrische ionisatiekamer gebruikt in het laboratorium van Marie Curie.



Fig. 28. Elektroscoop geconstrueerd door Pierre Curie.

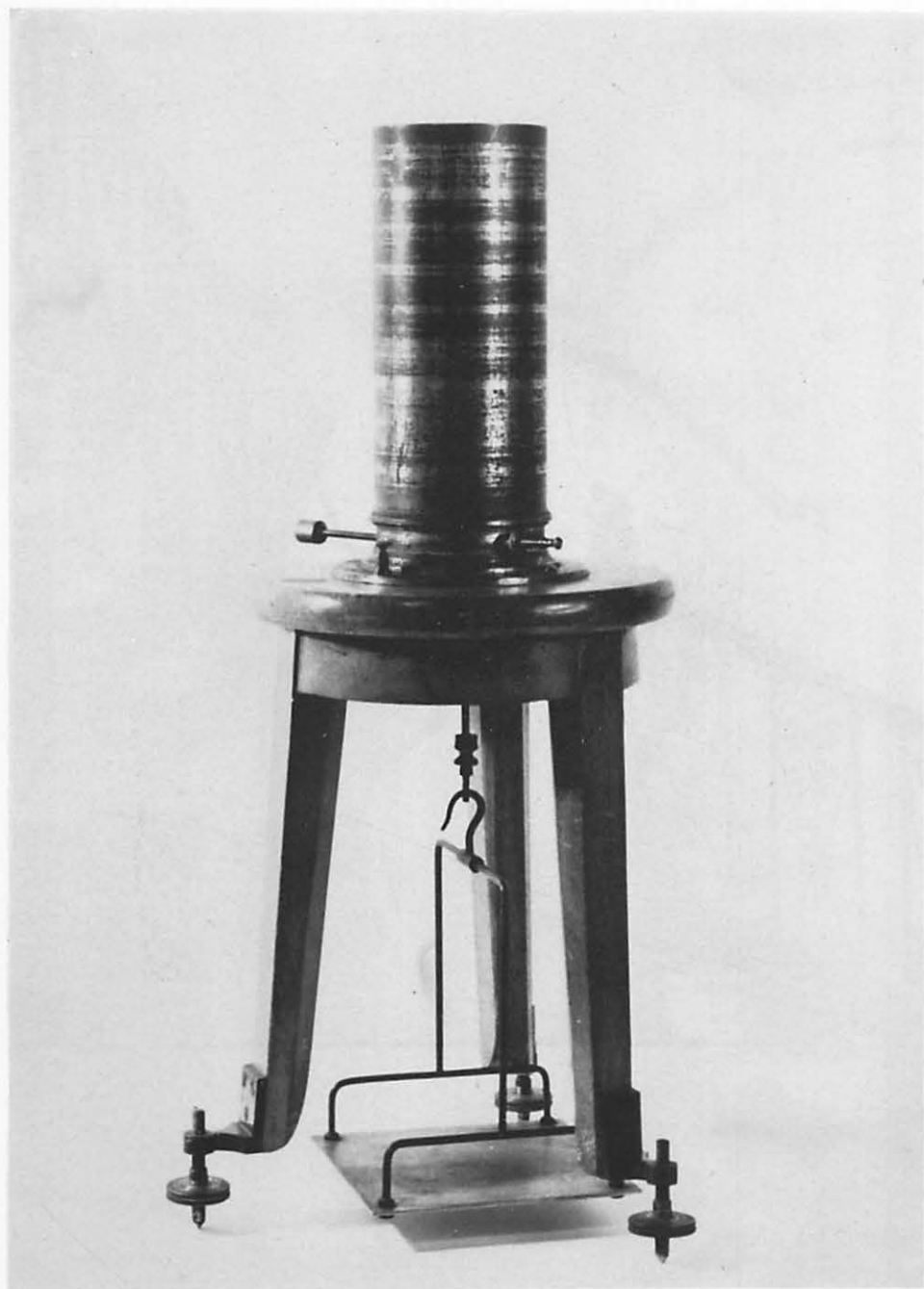


Fig. 29. Kwarts piezo-elektriciteitsmeter uit het laboratorium van Marie Curie.



Fig. 30. Standbeeld van Michael Faraday.

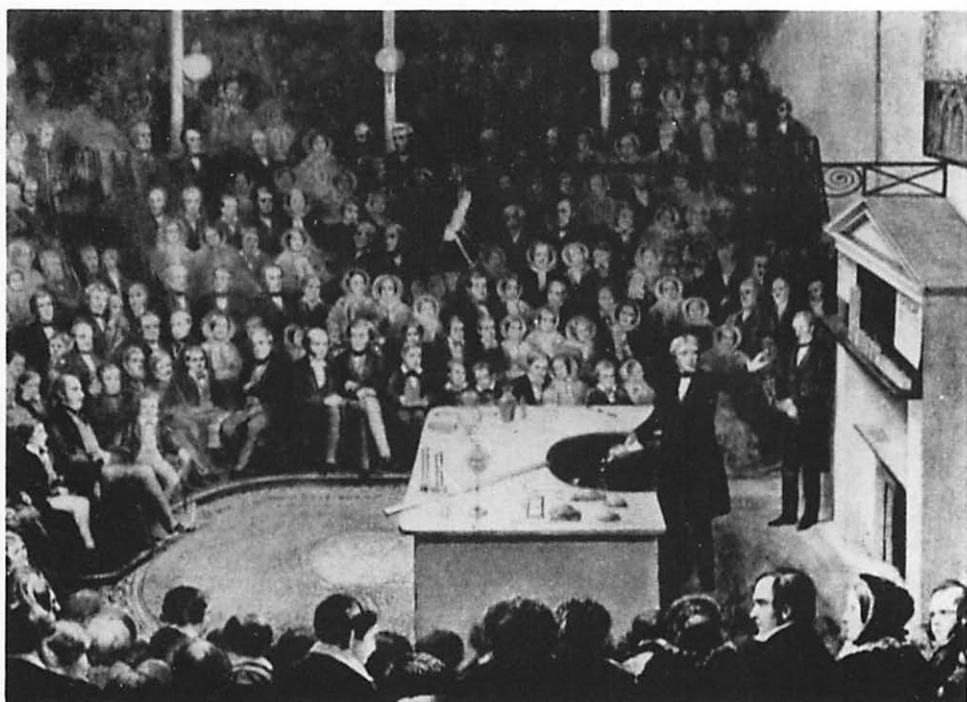


Fig. 31. Historische voordracht door Faraday.

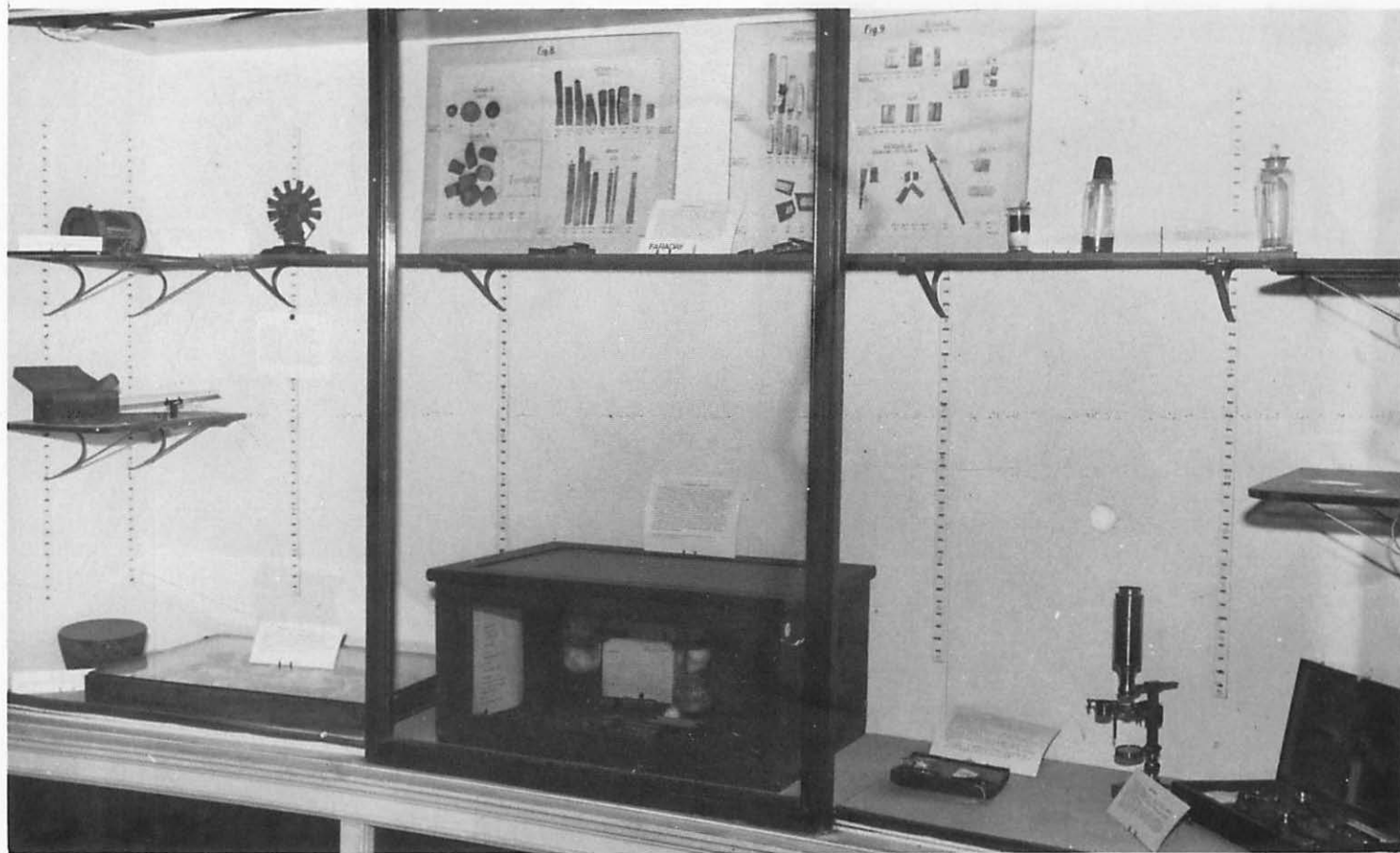


Fig. 32. Vitrine met apparatuur van Faraday.

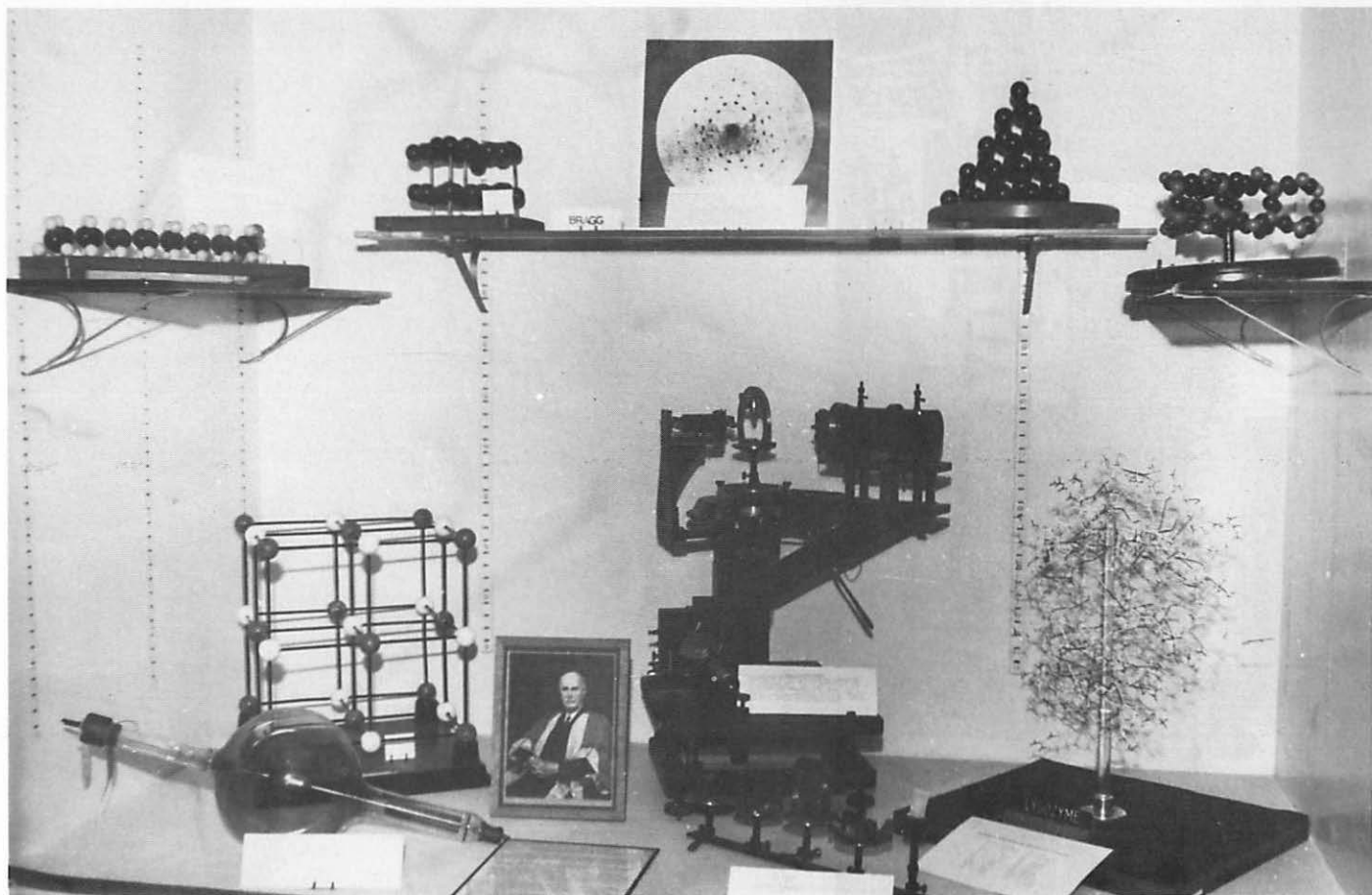


Fig. 33. Vitrine met apparatuur van vader en zoon Bragg.

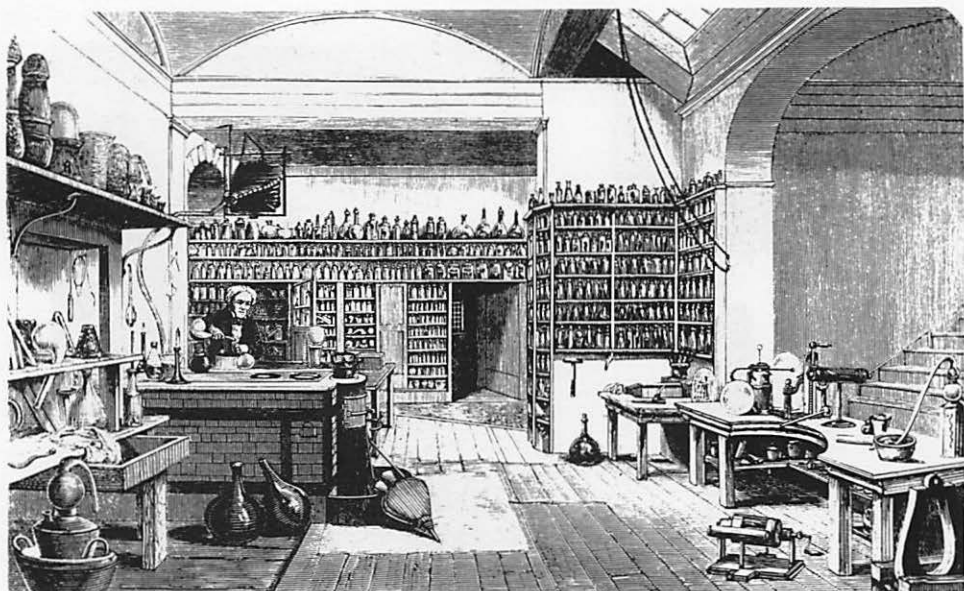


Fig. 34. Het oude Faraday-laboratorium.



Fig. 35. Electromagneet van Faraday en kast met apparaten in het Faraday-laboratorium.



Fig. 36. Gebruiksvoorwerpen van Faraday.



Fig. 37. Joseph John Thomson.

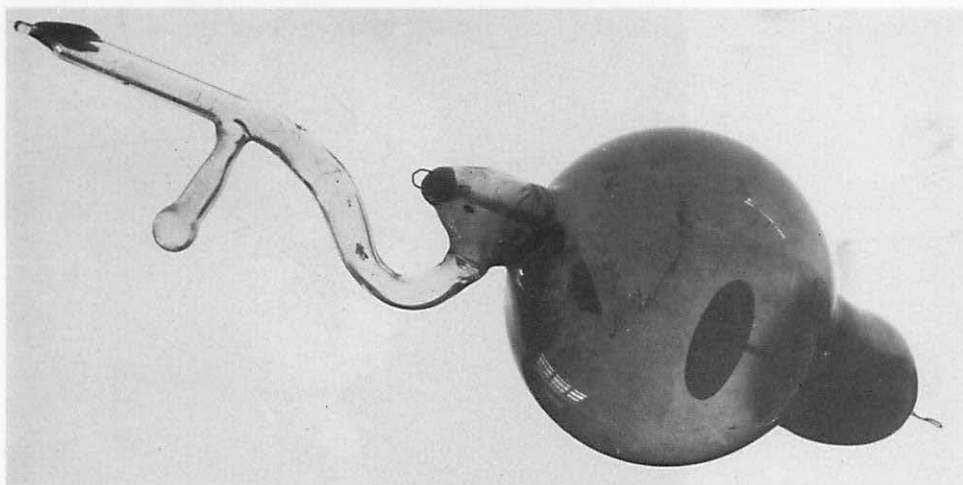


Fig. 38. Röntgenbuis gebruikt door J. J. Thomson. (Copyright Cav. Lab. Un. Cambridge).

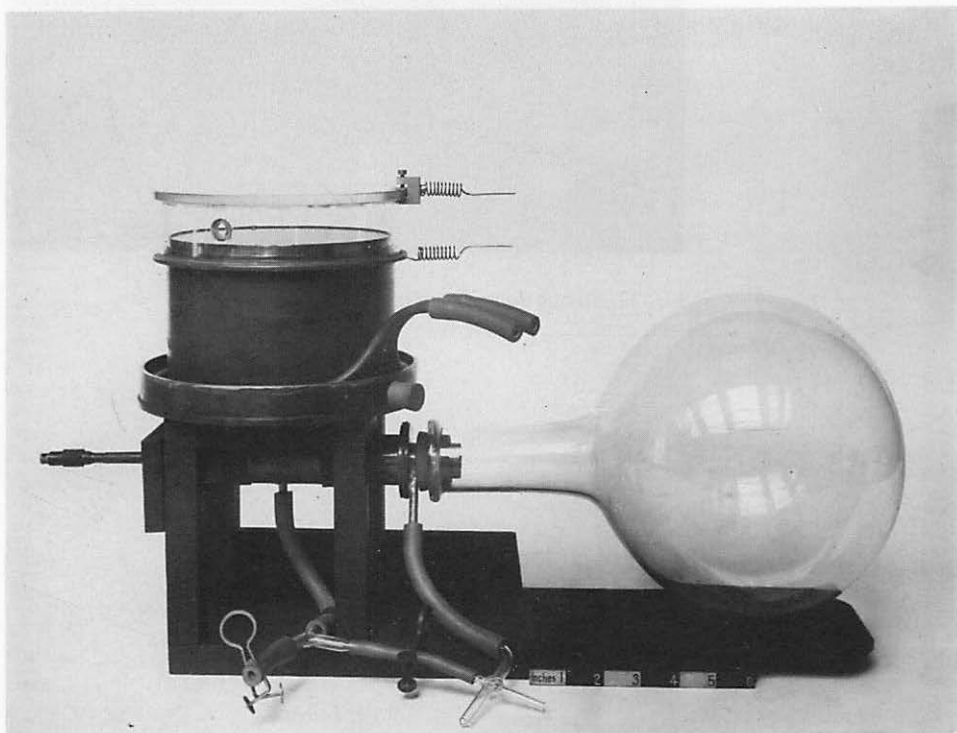


Fig. 39. Wilson camera uit 1912. (Copyright Cav. Lab. Un. Cambridge).

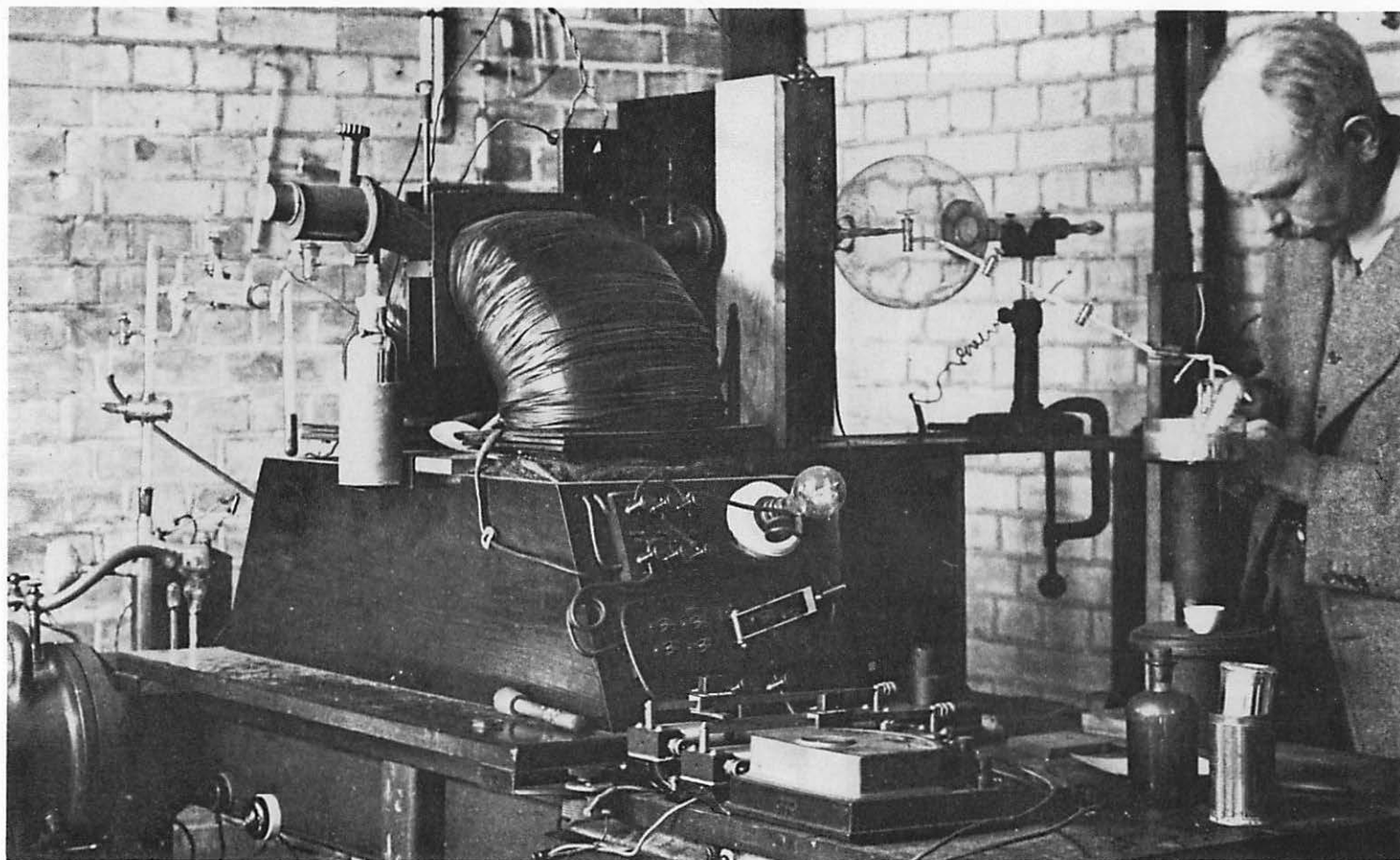


Fig. 40. Aston werkend met zijn massaspectrograaf. (Copyright Cav. Lab. Un. Cambridge).

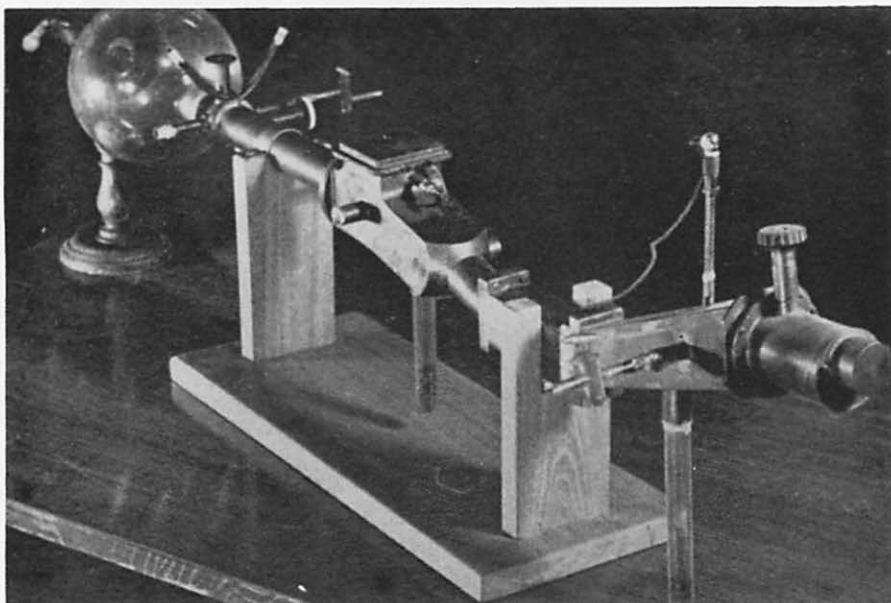


Fig. 41. Massaspectroscop van Aston uit 1937. (Copyright Cav. Lab. Un. Cambridge).

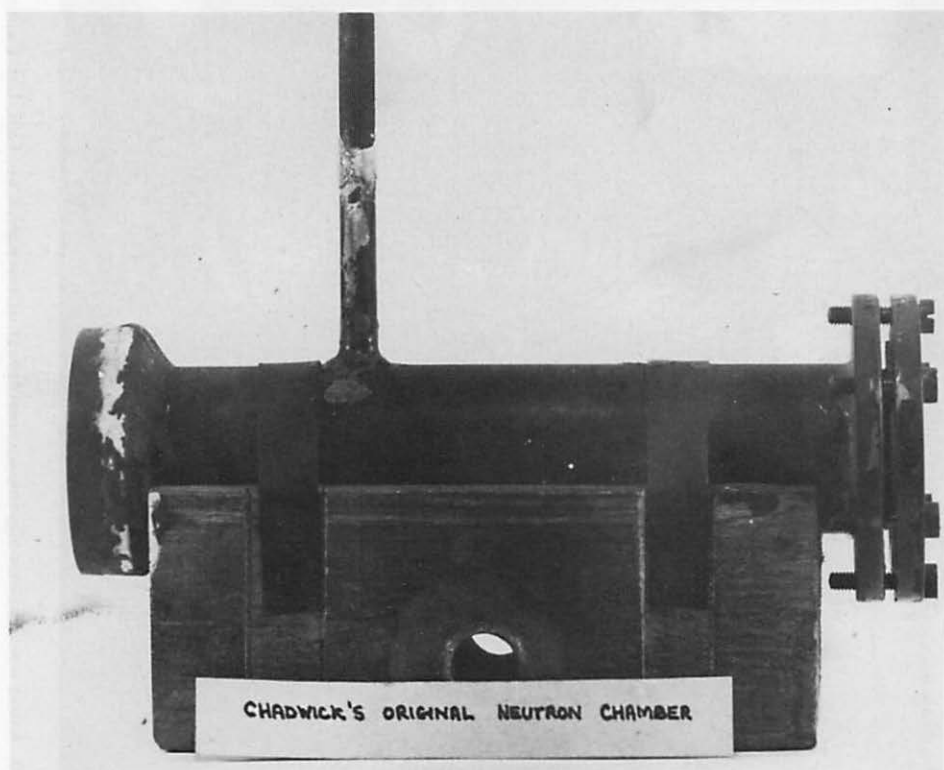


Fig. 42. Neutronenkamer van Chadwick. (Copyright Cav. Lab. Un. Cambridge).



Fig. 43. Draagbaar reislaboratorium van Faraday.

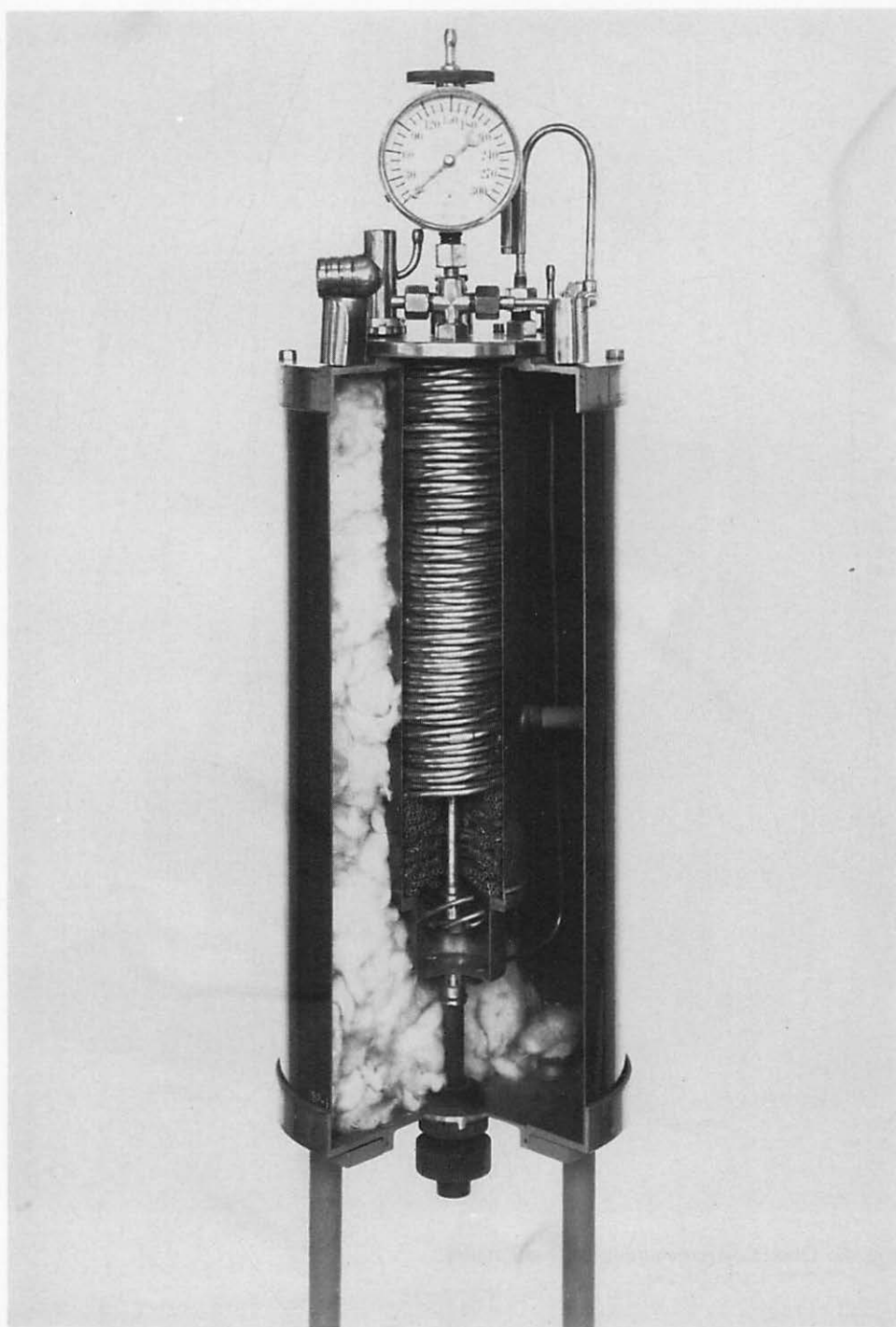


Fig. 44. Het apparaat waarmee Hampson in 1899 vloeibare lucht maakte. (In bruikleen aan het Science Museum, Londen, afgestaan door de British Oxygen Company Limited).

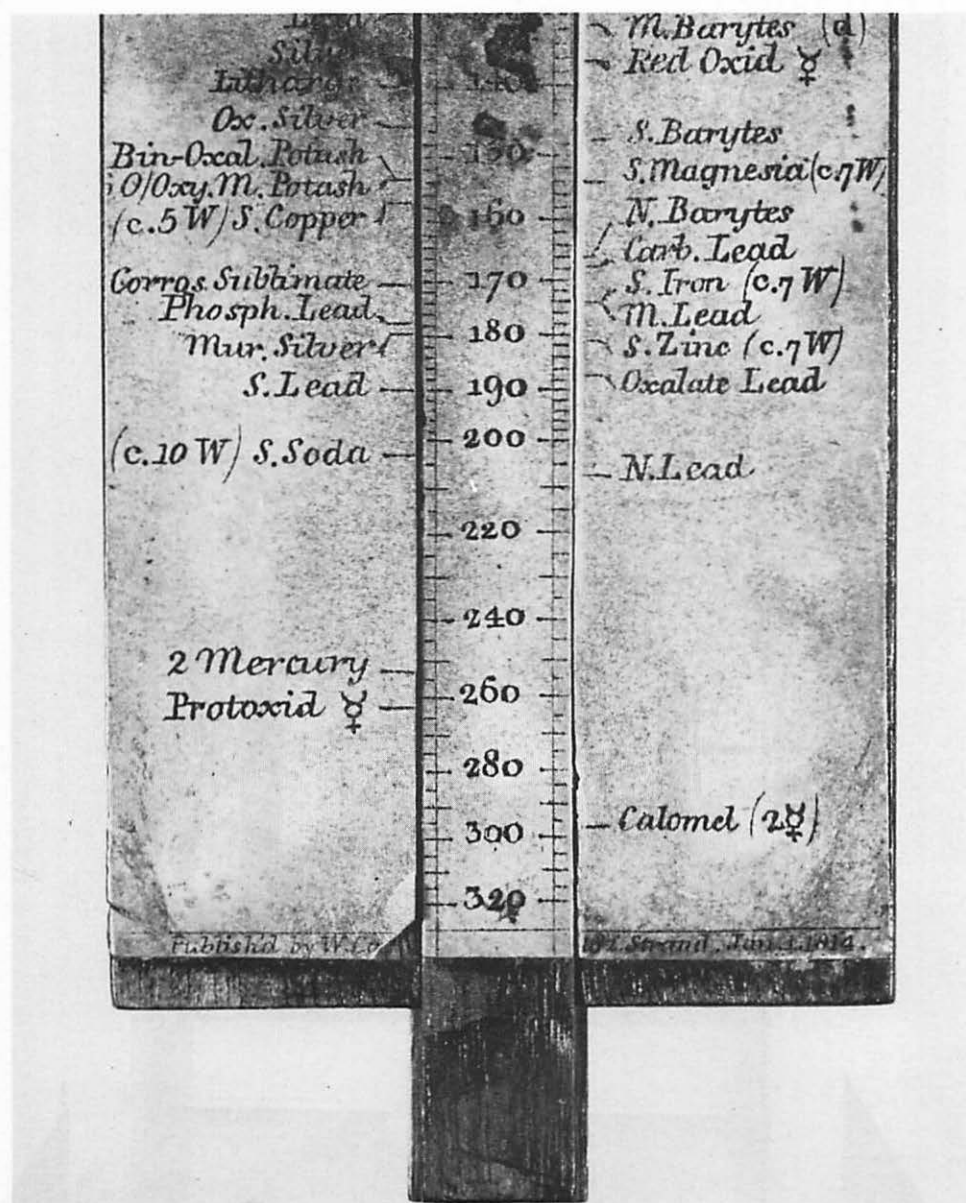


Fig. 47. Wollaston's equivalentgewichten rekenlineaal.

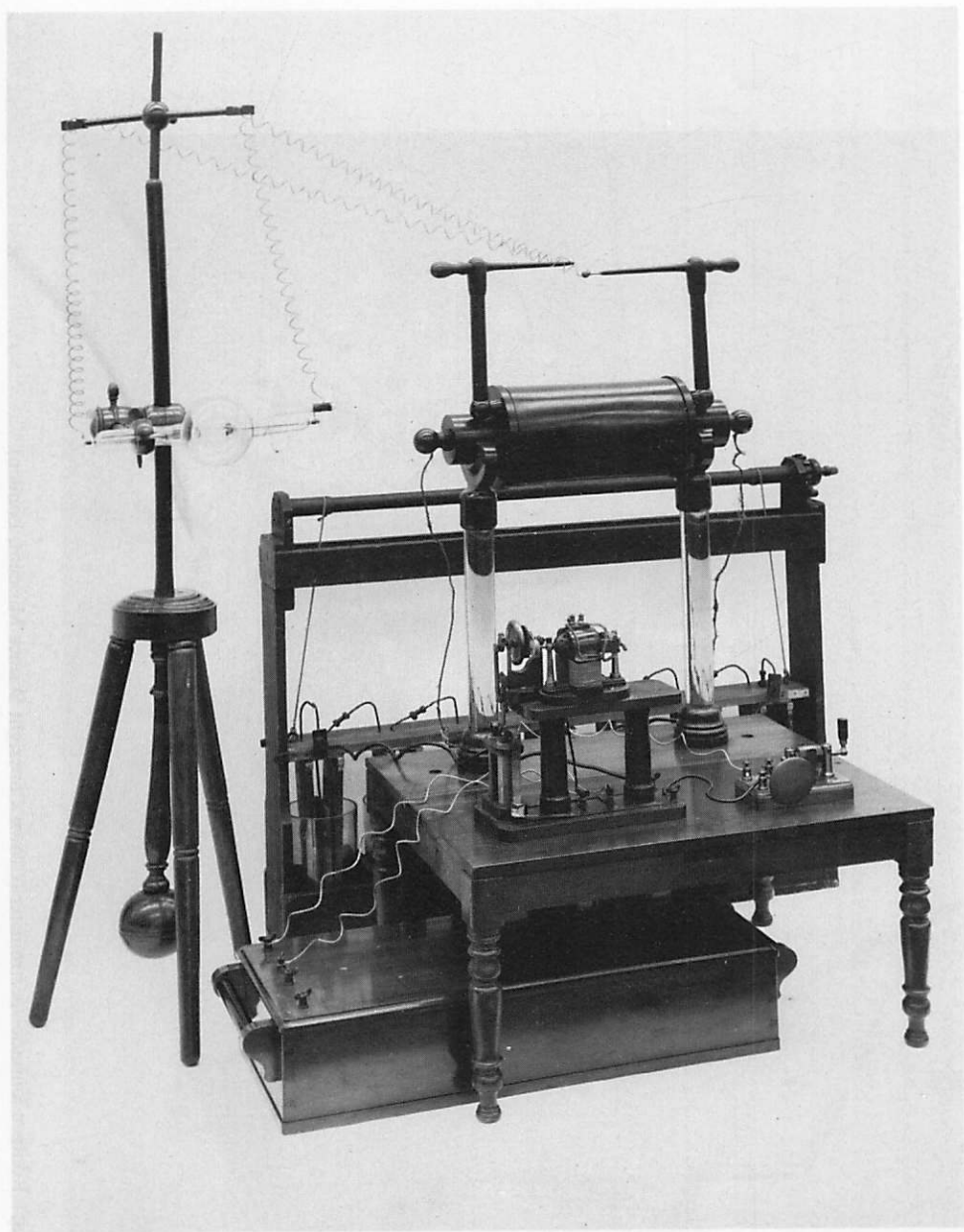


Fig. 49. Oudste röntgen-opstelling. (Crown Copyright Science Museum, London).

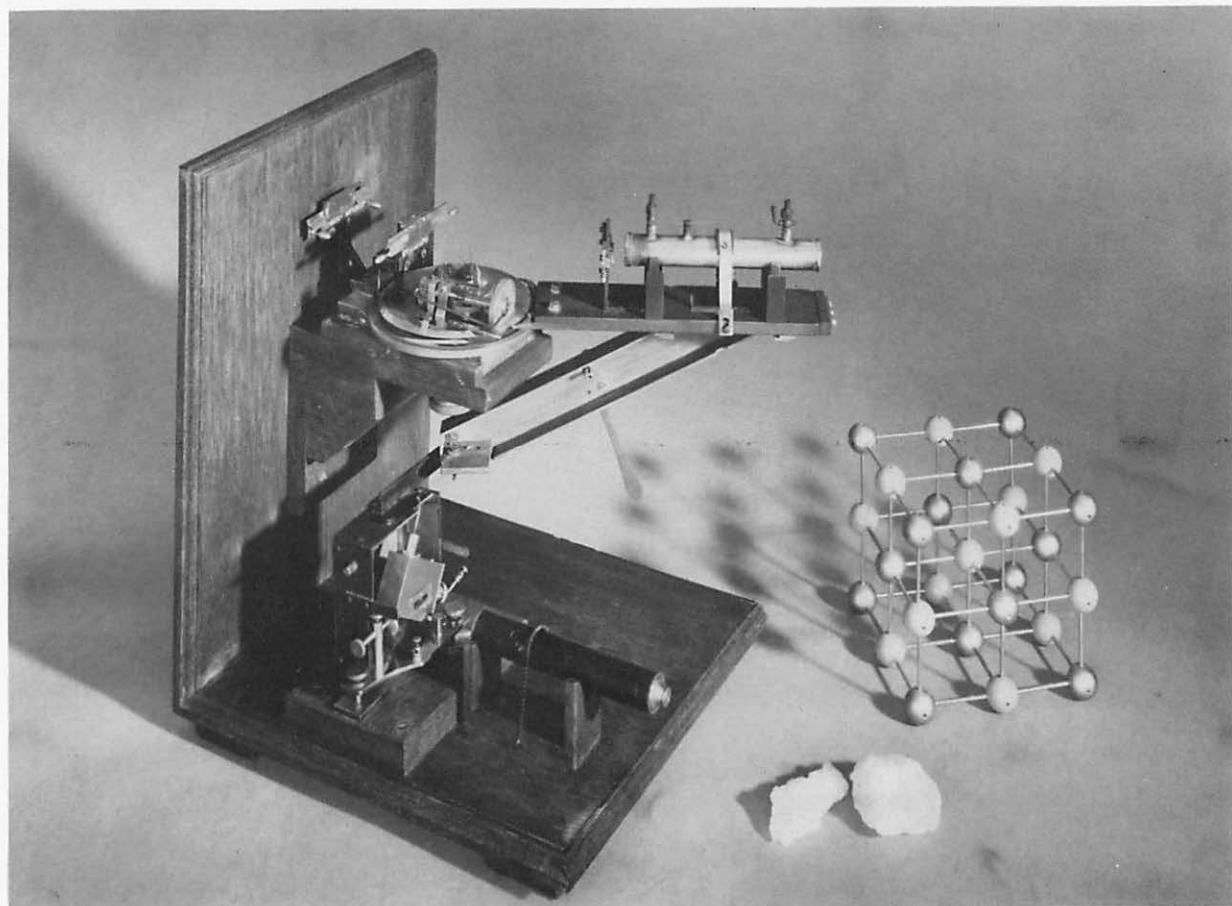


Fig. 50. Bragg's Röntgen ionisation-spectrometer (Crown Copyright Science Museum, Londen).

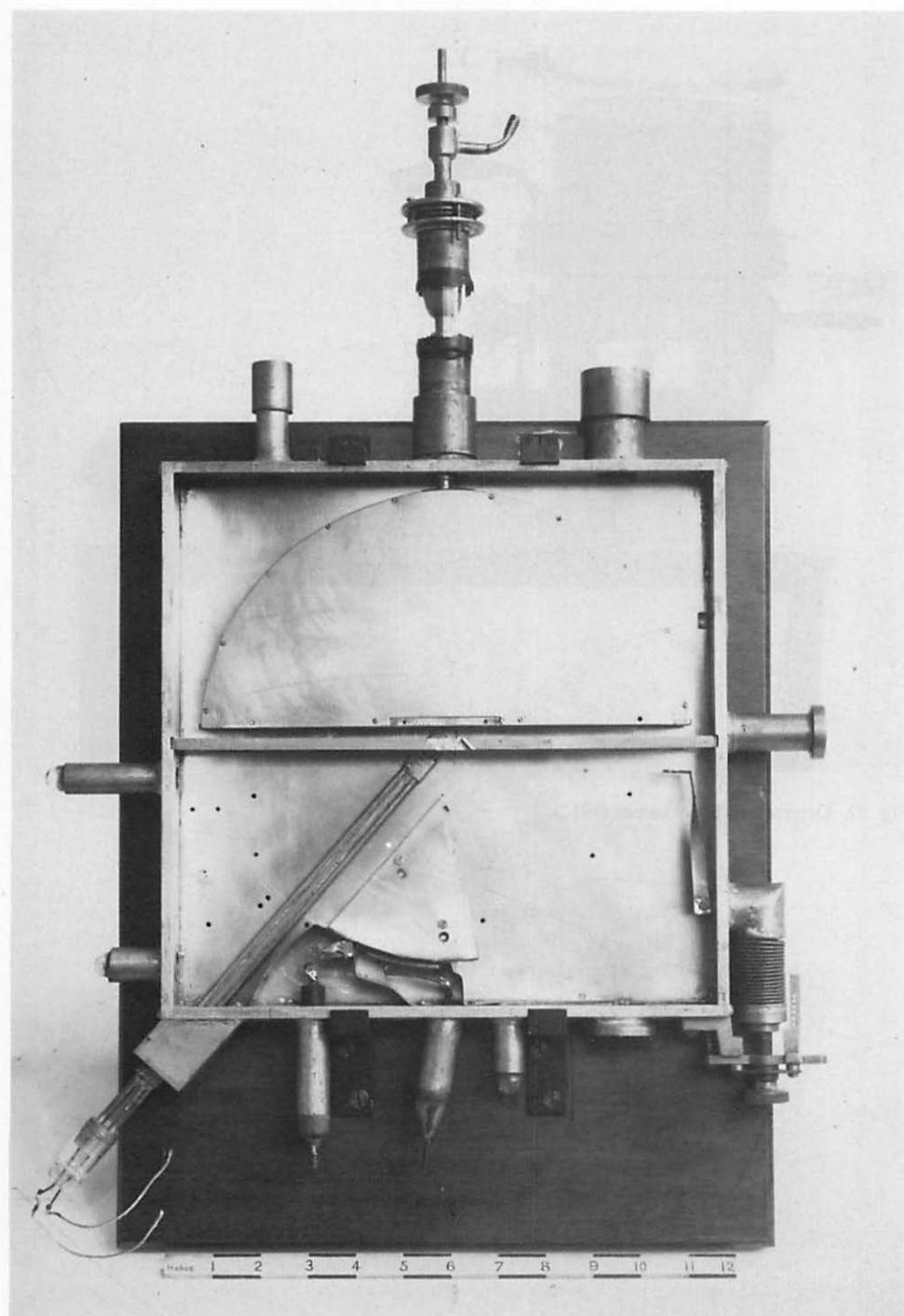


Fig. 51. Cyclotron van Lawrence. (In bruikleen afgestaan aan het Science Museum, Londen, door Prof. E. O. Lawrence, Radiation Laboratory, University of California, U.S.A.).

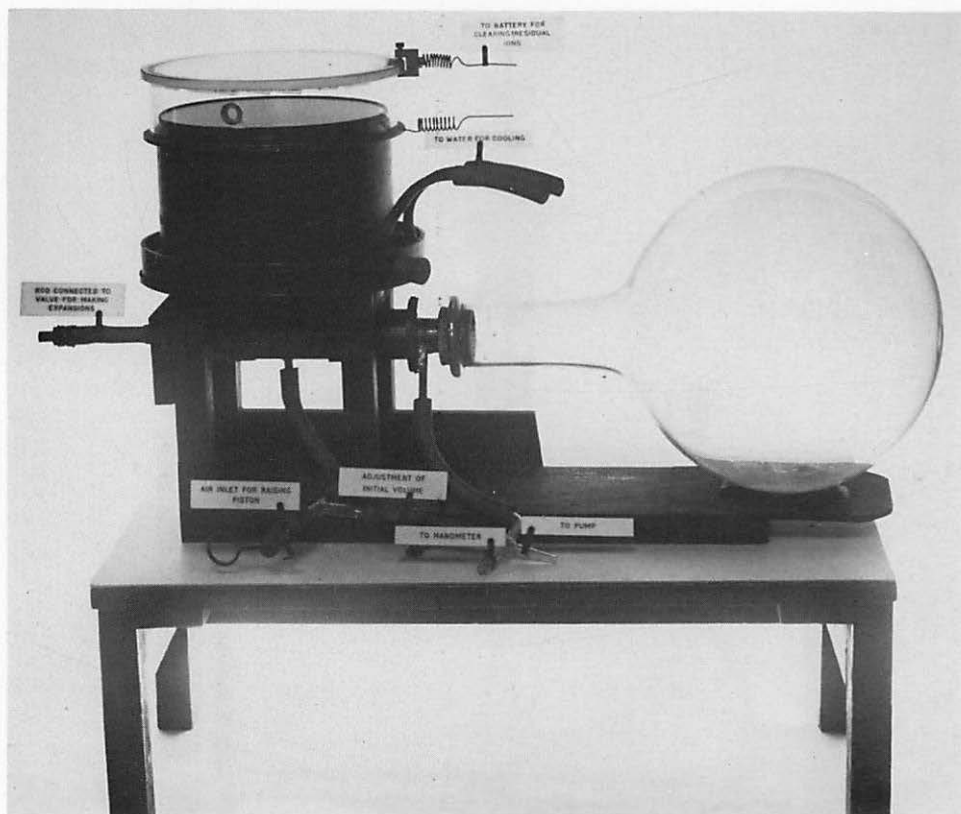


Fig. 52. Originele Wilson kamer (1912).



Fig. 53. Apotheek uit Lesko (1809).



Fig. 54. Laboratoriumapparatuur uit de 17e eeuw.



Fig. 55. Apotheekkelder.



Fig. 56. Italiaanse pot van aardewerk (1663).



Fig. 57. Renaissance bronzen vijzel (1562).



Fig. 58. Retorten van grafiet (16e en 17e eeuw).



Fig. 59. Standbeeld van Jan Pieter Minckelers. (Foto uit het oude museum).



Fig. 60. Zetel van Kekulé.



Fig. 61. Balans van Kekulé.

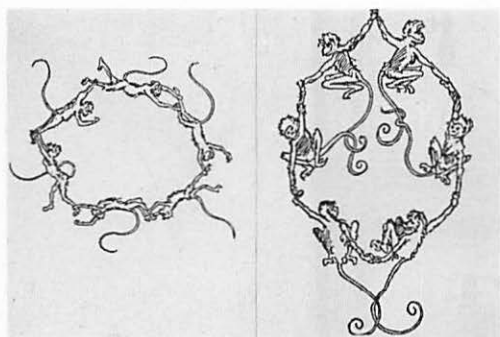


Fig. 62. Benzeenformule.

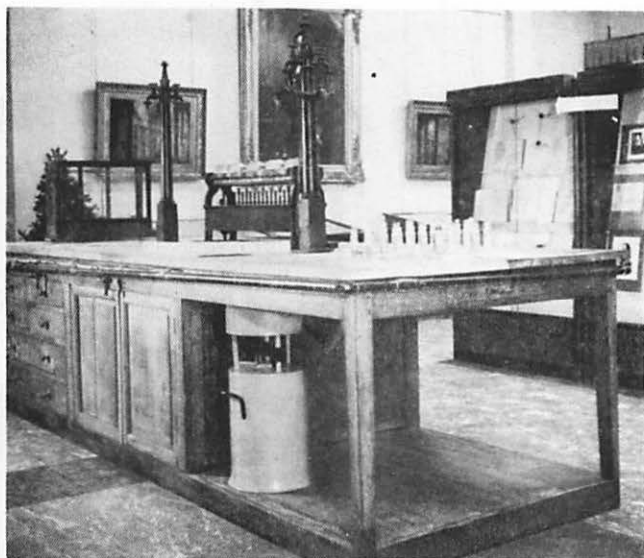


Fig. 63. Laboratoriumtafel
van Kekulé.

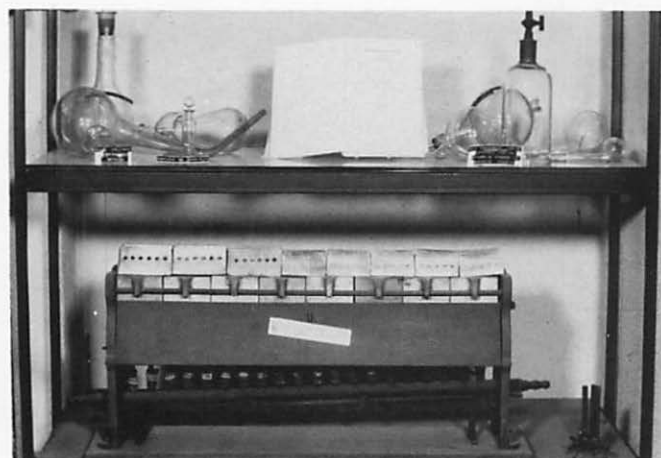


Fig. 64. Verbrandingsoven die ca. 1864 door Kekulé en door Glaser werd gebruikt.

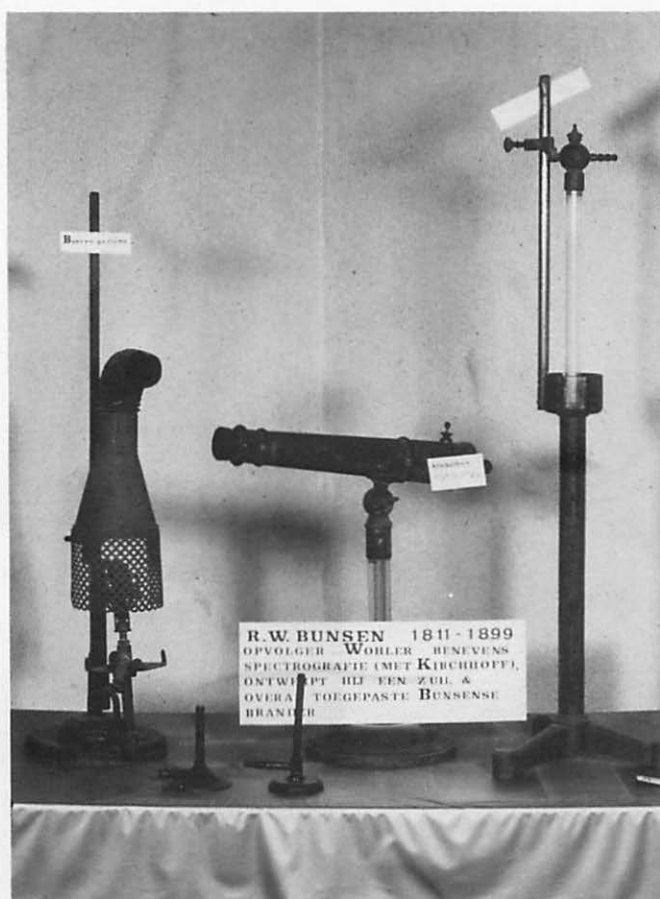


Fig. 65. Apparatuur van Bunsen en Kirchhoff.

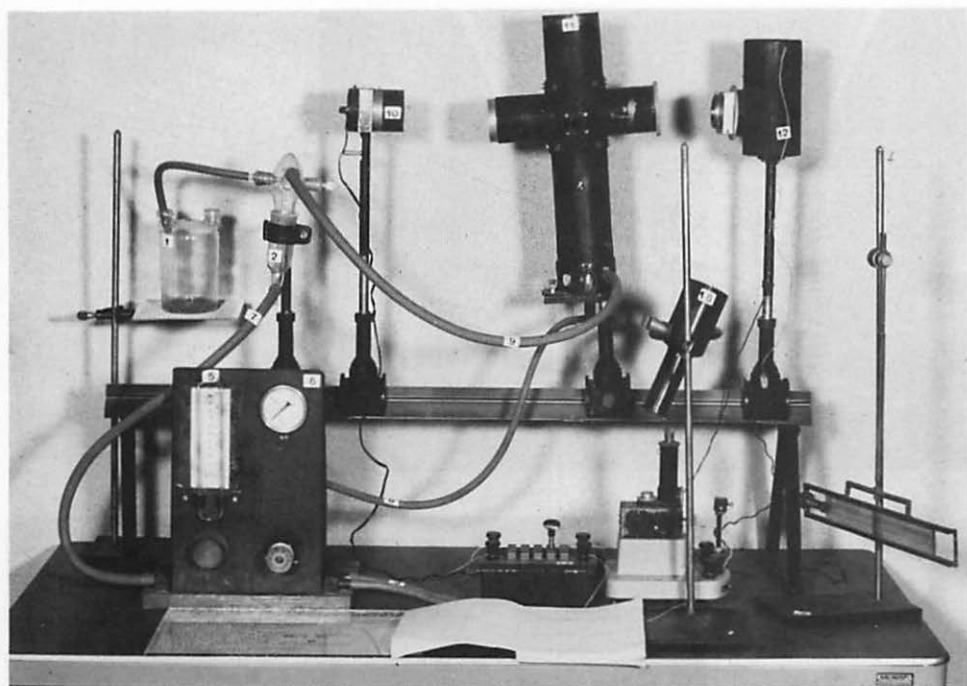


Fig. 66. Apparaat ter bepaling van K, Na, Ca, en Mg in planten door middel van vlamfotometrie.

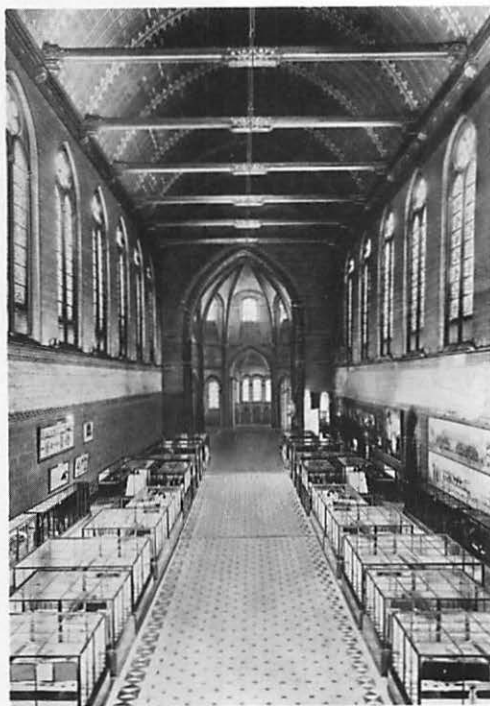


Fig. 67. Als museumzaal ingerichte kerk van het voormalige klooster Saint-Martin-des Champs (11-13e eeuw).



Fig. 68. Trap voerend naar
de scheikunde
afdeling.

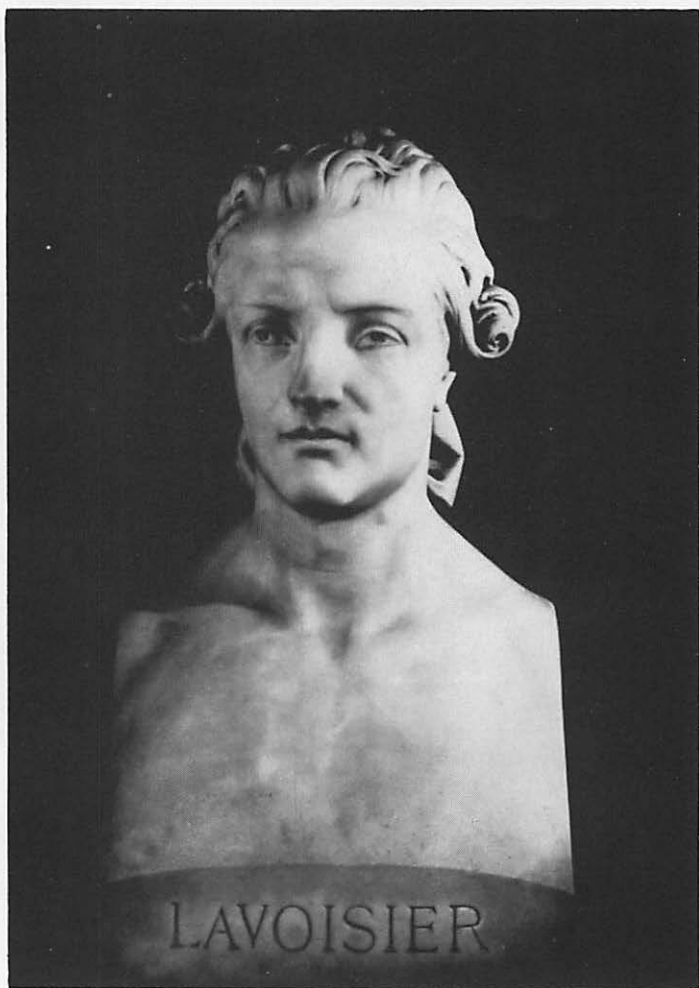


Fig. 69. Borstbeeld van
Lavoisier.



Fig. 74. Ballon met koperen kranen, door Lavoisier gebruikt voor de bestudering van gassen.
(Copyright Musée du Conservatoire des arts et métiers, Paris).

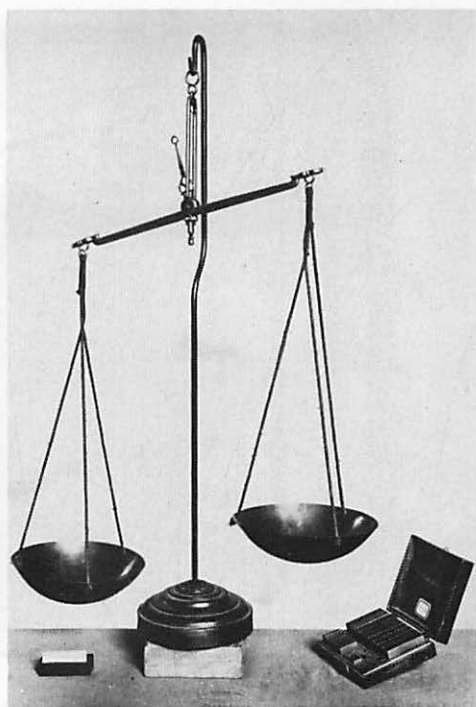


Fig. 75. Balans door Lavoisier ca. 1770 gebruikt.

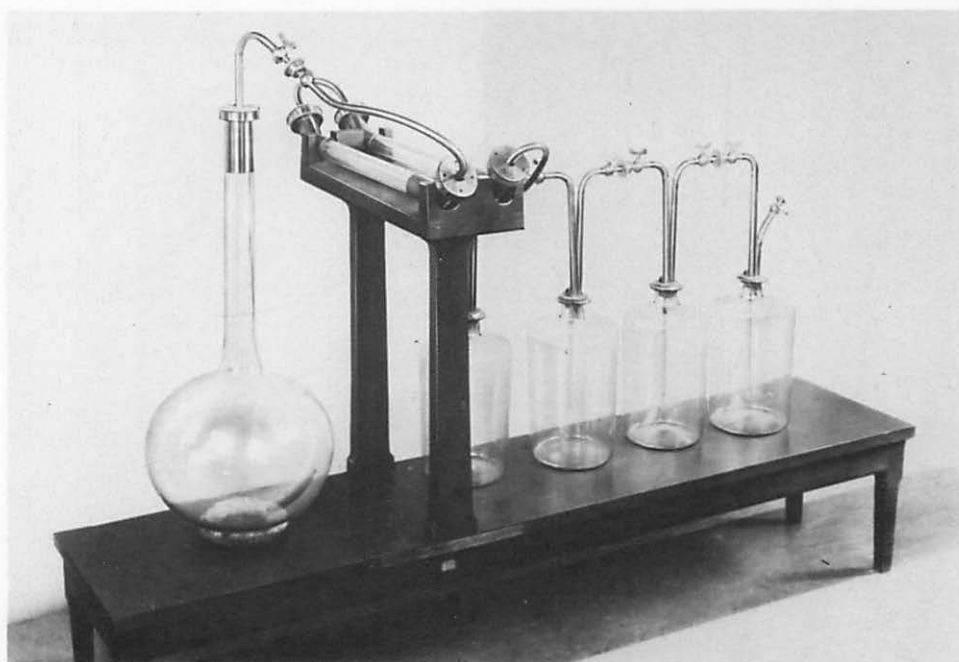


Fig. 76. Apparaat voor de fermentatie van rottende stoffen, geconstrueerd door Fortin in 1789.

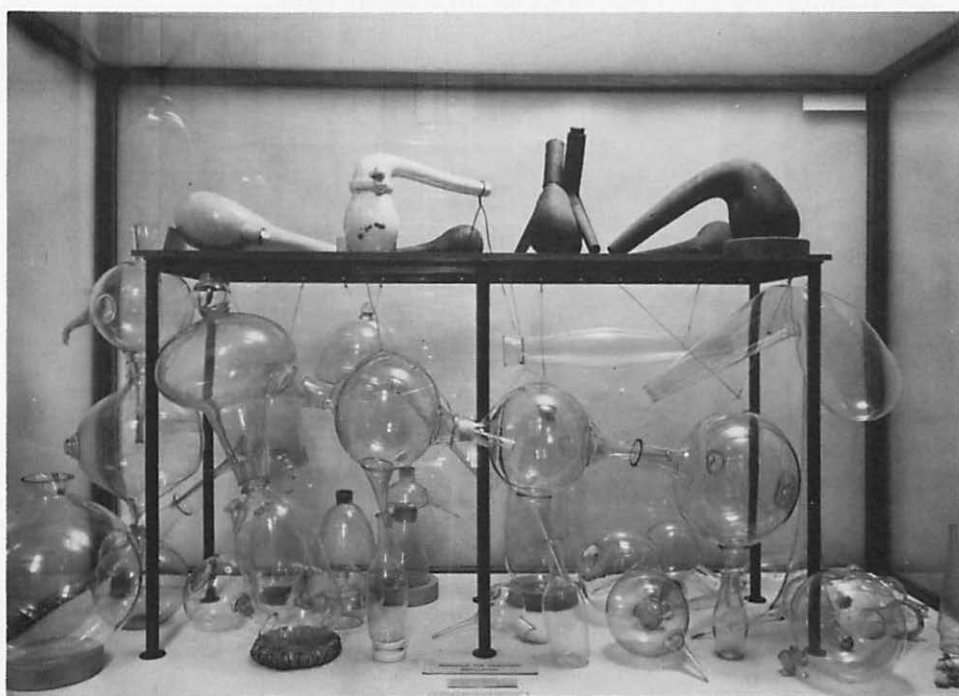


Fig. 77. Destillatie instrumentarium uit het Daubeny laboratorium (ca. 1830).

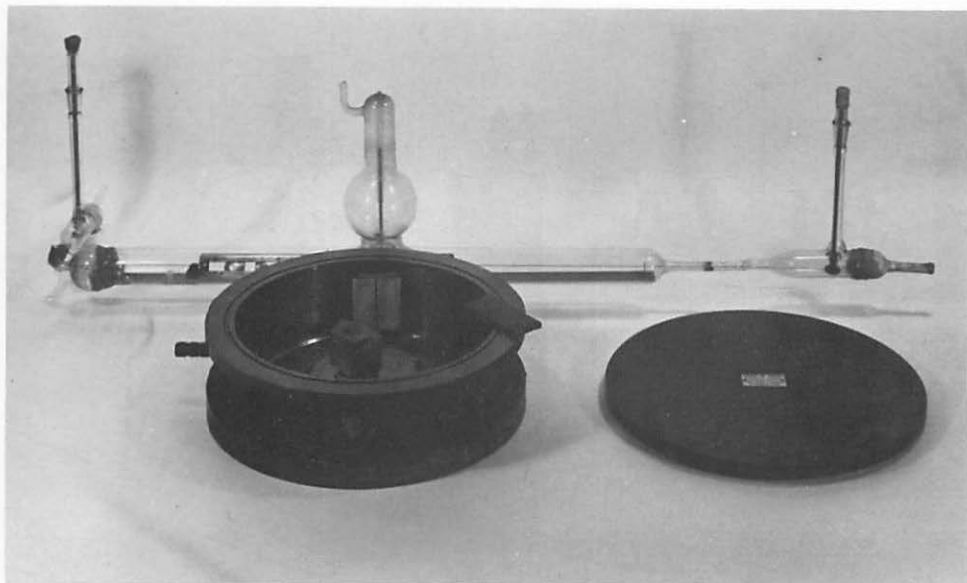


Fig. 78. Vacuüm spectrometer voor langgolvlige Röntgenstralen waarmee Moseley in 1913 het atoomnummer der elementen ontdekte.



Fig. 79. Blikken en trommeltjes voor penicillinebereiding; met deze apparatuur vervaardigde Chain en Florey in 1940 dit antibioticum.

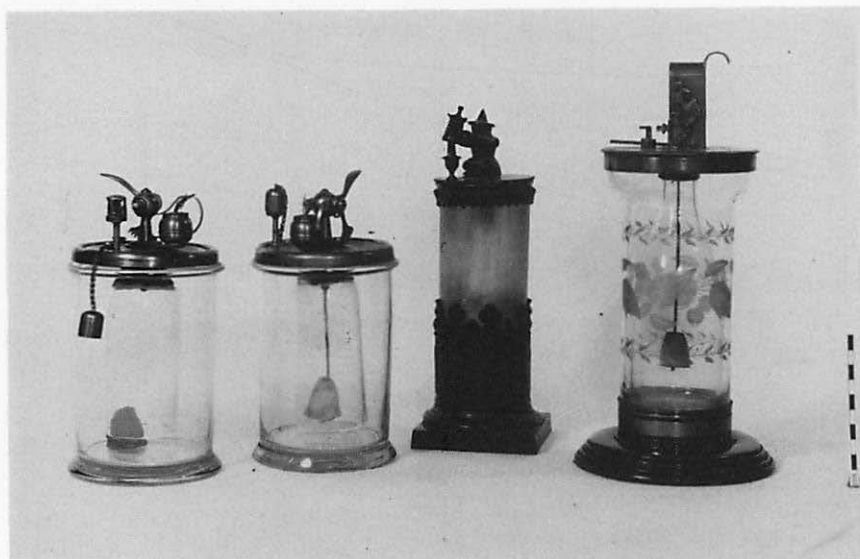


Fig. 80. "Döbereiner lampen" uit de jaren 1823-24.

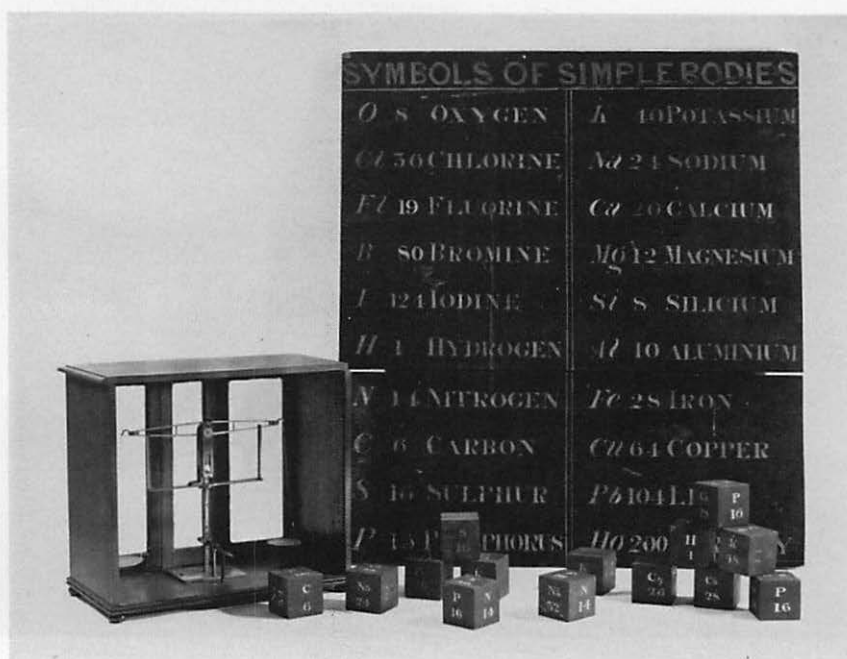


Fig. 81. Atoomgewichtstabel, blokken in een balans uit het Daubeny laboratorium (ca. 1825).

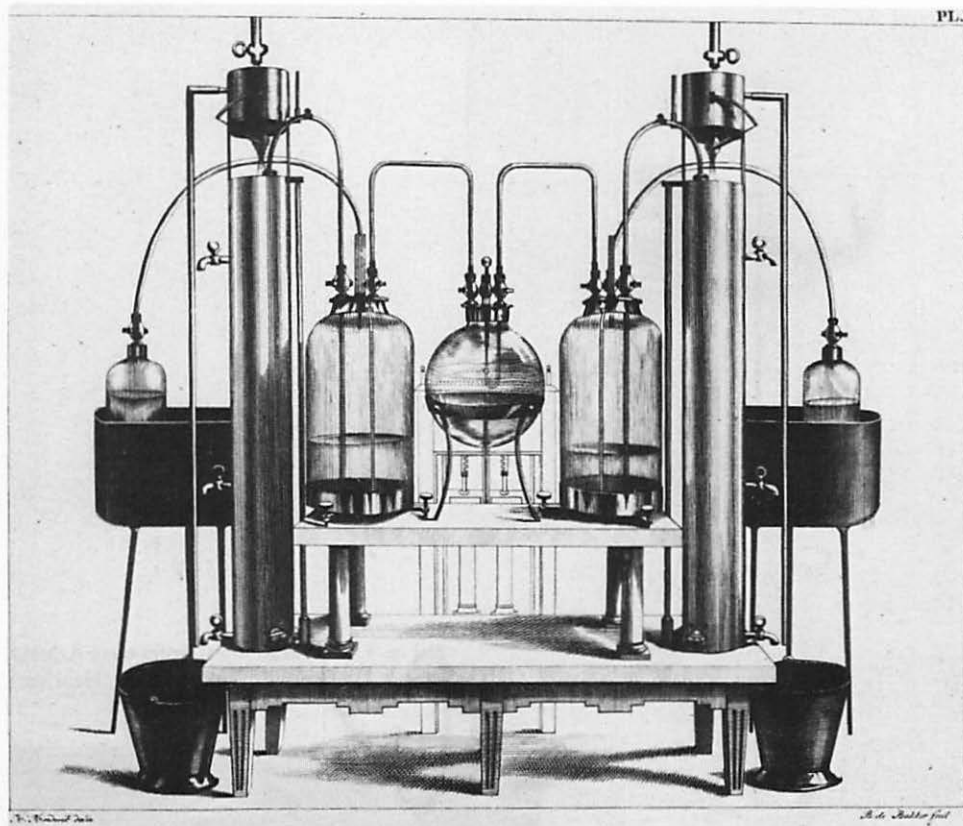


Fig. 82. Verbrandingsapparaat voor waterstof van Van Marum. (Foto Teylers Museum, Haarlem).

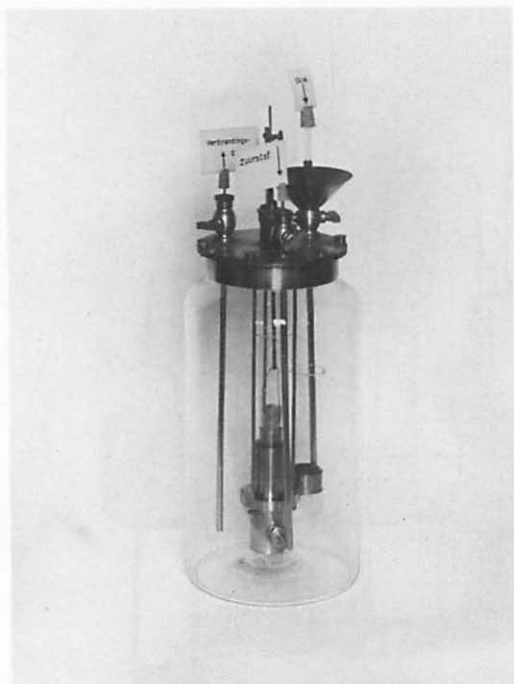


Fig. 83. Verbrandingstoestel naar Argand.
(Foto Teylers museum, Haarlem).

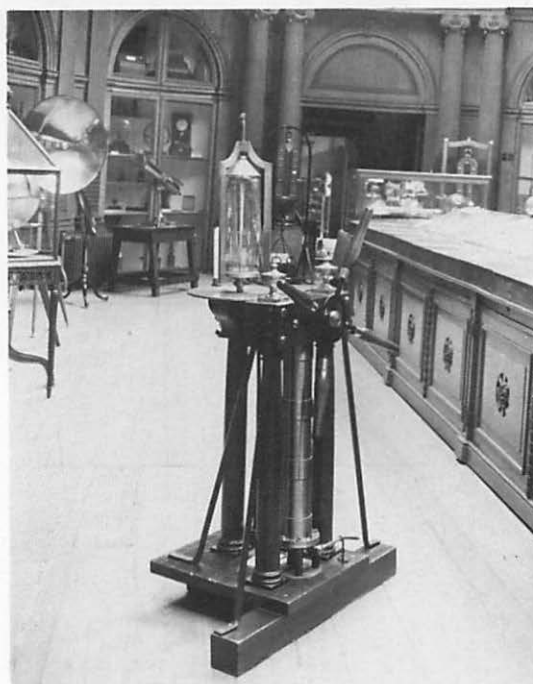


Fig. 84. Zuigerpomp van Van Marum, in 1793 door Watt vervaardigd. (Foto Teylers Museum, Haarlem).

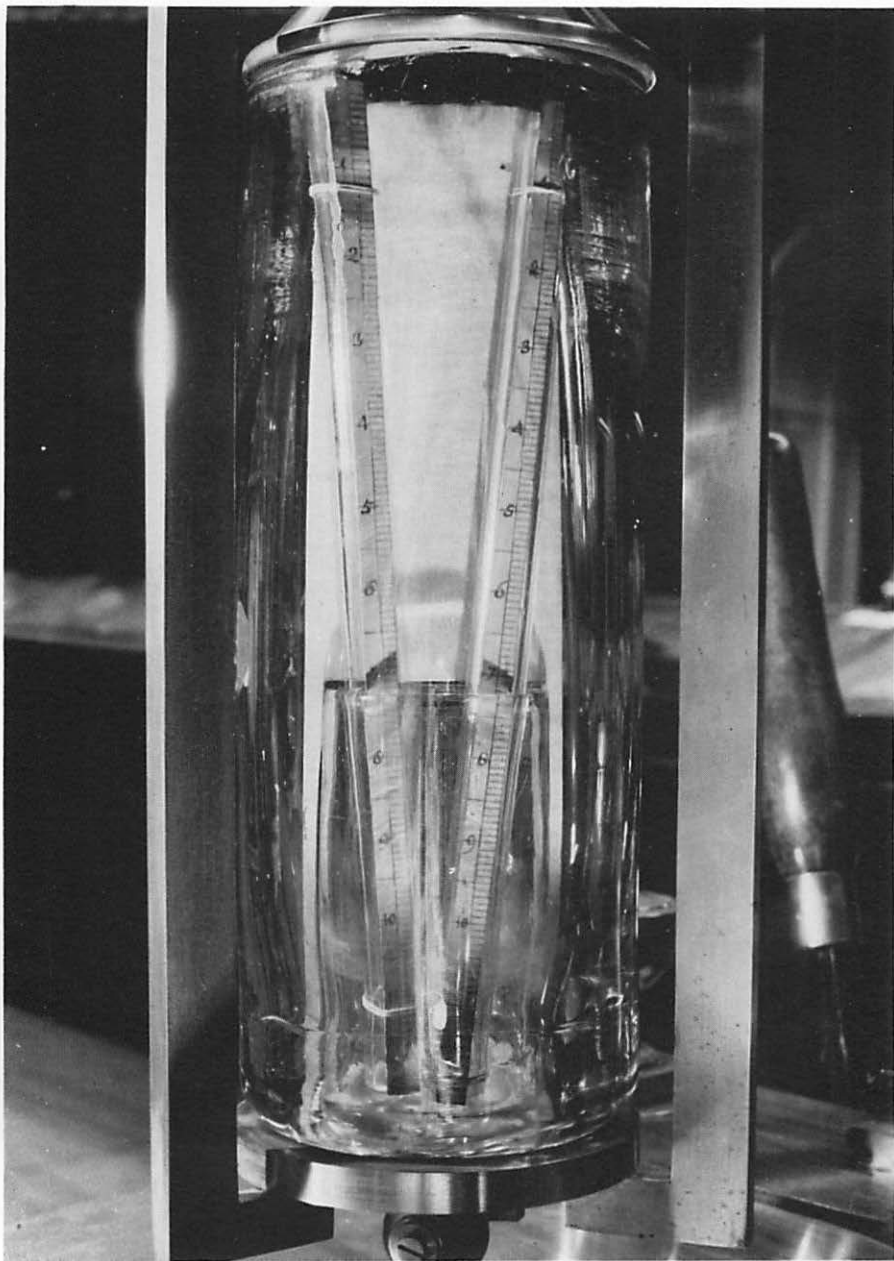


Fig. 85. Glazen toestel door Van Marum gemonteerd op de compressiekant van de zuigperspomp, om gassen te condenseren. (Foto Teylers Museum, Haarlem).



Fig. 86. Reconstructie van een essaieurbalans vervaardigd door Ercker in 1574.

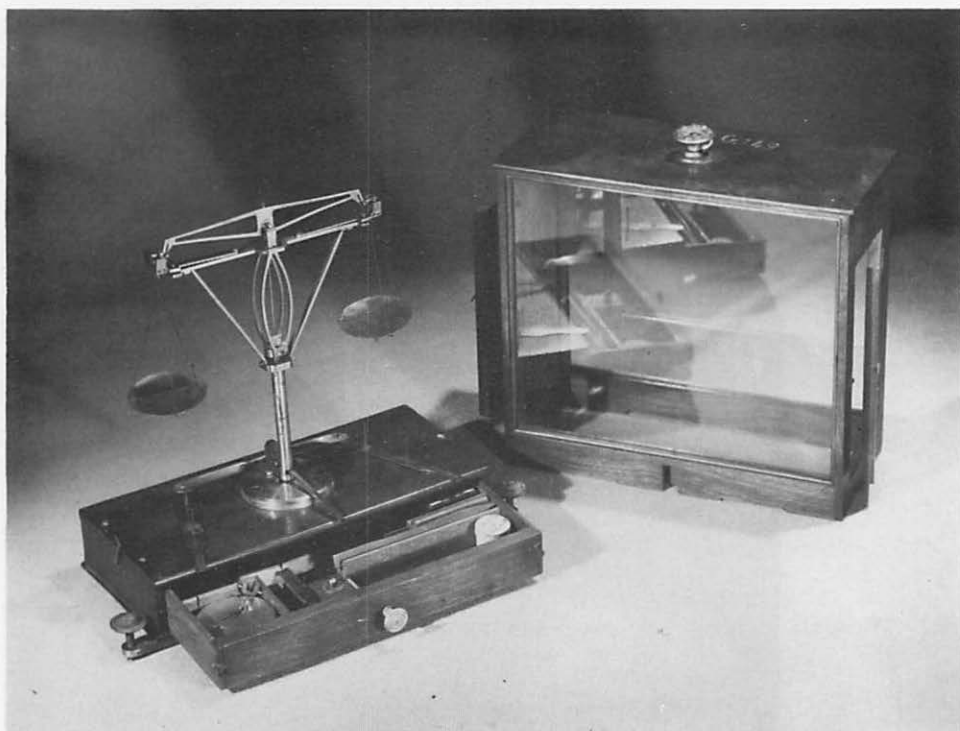


Fig. 88. Robinson balans, gebruikt door Wollaston, (Whipple Science Museum, Cambridge).



Fig. 90. Analytische balans (1870). Voorganger van de moderne kort-armige Sartorius balans.